



TESIS - RE142541

**Analisis Pembentukan Biogas dengan Bahan Baku
Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*) dan Kotoran
Sapi**

**MUHAMMAD SHALAHUDDIN RAHMANSYAH
3314201001**

**Dosen Pembimbing
Dr.Ir. Ellina Sitepu Pandebesie, M.T.**

**PROGRAM MAGISTER
JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2016**



TESIS - RE142541

**BIOGAS PRODUCTION OF MIXED WATER HYACINTH
(*EICHORNIA CRASSIPES*) AND COW MANURE**

**MUHAMMAD SHALAHUDDIN RAHMANSYAH
3314201001**

**SUPERVISOR
Dr.Ir. Ellina Sitepu Pandebesie, M.T.**

**MASTER PROGRAME
DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL ENGINEERING
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING AND PLANNING
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2016**

Tesis disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar

Magister Teknik (M.T.)

di

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

oleh :

Muhammad Shalahuddin Rahmansyah

NRP. 3314201001

Tanggal Ujian : 22 Juni 2016

Periode Wisuda : September 2016

Disetujui Oleh :

1. Dr. Ir. Ellina Sitepu Pandebesie, MT.

(Pembimbing)

NIP : 195602041992032001

2. Prof. Dr. Yulinah Trihadiningrum, M.App.Sc

(Penguji)

NIP : 195307061984032004

3. Arseto Yekti Bagastyo, ST, MT, M.Phil, Ph.D

(Penguji)

NIP : 198208042005011001

4. I D A A Warmadewanthi, ST, MT, Ph.D

(Penguji)

NIP : 197506012000031001

Direktur Program Pascasarjana,



Prof. Ir. Diauhar Manfaat, MSc., PhD

NIP. 196012021987011001

ANALISIS PEMBENTUKAN BIOGAS DENGAN BAHAN BAKU ECENG GONDOK (*Eichhornia crassipes*) DAN KOTORAN SAPI

Nama Mahasiswa : Muhammad Shalahuddin Rahmansyah
Mahasiswa NRP : 3314201001
Pembimbing : Dr.Ir. Ellina Sitepu Pandebesie, M.T.

ABSTRAK

Eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) merupakan gulma air yang pertumbuhan dan penyebarannya yang sangat cepat. Pertumbuhan eceng gondok dipengaruhi oleh kandungan nutrisi pada suatu badan air, terutama nitrogen, fosfat, dan potasium. Eceng gondok juga masuk dalam daftar 100 spesies penginvansi paling berbahaya, karena kecepatan pertumbuhannya. Solusi yang dapat dilakukan adalah dengan cara menggunakan eceng gondok sebagai salah satu substrat pembentukan biogas. Penelitian ini dilaksanakan dengan tujuan untuk menentukan komposisi optimum eceng gondok dengan kotoran sapi yang dapat menghasilkan volume biogas yang maksimum. Membandingkan jumlah gas yang dihasilkan antara reaktor yang dilakukan *pretreatment* dengan tanpa *pretreatment*. Menentukan pengaruh kadar *low solid* dan *high solid* terhadap biogas yang dihasilkan.

Penelitian ini dilakukan dengan cara menyiapkan reaktor biogas dengan volume 6 liter. Reaktor yang telah siap sebanyak 24 buah digunakan untuk proses anaerob pembuatan biogas. Biogas yang terbentuk dihitung volume yang dihasilkan setiap harinya. Biogas yang terbentuk diuji di laboratorium untuk memastikan berapa persen kandungan biogas yang dihasilkan. Analisis kandungan *volatile solid* yang dilakukan setiap enam hari sekali untuk mengetahui seberapa banyak bahan organik yang terdegradasi. Variabel yang digunakan pada penelitian ini yaitu perbandingan komposisi 90:10; 70:30; 50:50, Pengaruh *pretreatment* pada Eceng gondok yang digunakan, dan pengaruh total solid 10% dan 30%.

Pada penelitian ini dapat ditarik kesimpulan yaitu: 1) Komposisi optimum campuran eceng gondok dengan kotoran sapi pada total solid 10% yaitu pada perbandingan 90:10 dan pada total solid 30% yaitu pada perbandingan 70:30. 2) Berdasarkan data yang diperoleh, perlakuan *pretreatment* tidak berpengaruh secara signifikan terhadap gas yang dihasilkan. Berdasarkan perhitungan statistik reaktor dengan perlakuan *pretreatment* pada perbandingan komposisi 50:50 merupakan komposisi perlakuan terbaik, dan reaktor tanpa perlakuan *pretreatment* pada perbandingan komposisi 90:10 merupakan komposisi perlakuan terbaik. 3) Berdasarkan data statistik yang diperoleh, bahwa reaktor dengan total solid 10% pada perbandingan komposisi 70:30 merupakan perlakuan terbaik, dan reaktor dengan total solid 30% pada perbandingan komposisi 70:30 merupakan perlakuan terbaik.

kata kunci: biogas, eceng gondok, kotoran sapi, total solid

BIOGAS PRODUCTION OF MIXED WATER HYACINTH (*EICHORNIA CRASSIPES*) AND COW MANURE

Nama Mahasiswa : Muhammad Shalahuddin Rahmansyah
Mahasiswa NRP : 3314201001
Pembimbing : Dr.Ir. Ellina Sitepu Pandebesie, M.T.

Abstract

Water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) is an aquatic weed that grows and spread very quickly. The growth of water hyacinth is influenced by the nutrients in the water, especially nitrogen, phosphate and potassium. Water hyacinth is also included in the list of 100 species of most dangerous, because the speed of its growth. Solutions that can be done is by using water hyacinth as one substrate biogas formation. This research was conducted with the aim to determine the optimum composition of water hyacinth with cow dung to produce biogas which is the maximum volume. Comparing the amount of gas produced between pretreatment reactors and without pretreatment. Determine the effect of low solid and high solid against the biogas produced.

The research was done by setting up a biogas reactor with a volume of 6 liters. Twenty four reactor were prepared for anaerobic biogas production. Biogas volume was measured each day. Biogas is formed laboratory tested to ascertain what percentage of the content of the biogas produced. Analysis of volatile solid content is done every six days to find out how much organic material is degraded. Variables used in this research that the composition ratio of 90:10; 70:30; 50:50, The effect of pretreatment on the hyacinth is used, and the Influence of Total Solid 10% and 30%.

In this study we can conclude that: 1) The optimum composition of the mixture of water hyacinth with cow dung on the total solid 10%, at a ratio of 90:10 And the total solid 30%, at a ratio of 70:30. 2) Based on the data obtained, the pretreatment did not significantly affect the gas produced. Based on statistical calculations with the pretreatment reactor at a composition ratio of 50:50 is the best treatment composition, and reactor without pretreatment at a composition ratio of 90:10 is the best treatment composition. 3) Based on statistical data obtained, that the reactor with a solid 10% in the total composition ratio of 70:30 is the best treatment, and solid reactors with a total of 30% in a composition ratio of 70:30 is the best treatment.

keyword : biogas, cow dung, pretreatment, total solid, water hyacinth

DAFTAR ISI

	Halaman
Abstrak.....	i
Kata Pengantar.....	iii
Daftar Isi.....	iv
Daftar Tabel.....	vi
Daftar Gambar.....	vii
Daftar Lampiran.....	viii
 BAB 1 PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Ruang Lingkup Penelitian.....	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
 BAB 2 LANDASAN TEORI	
2.1 Pemanfaatan Eceng Gondok.....	7
2.2 Pemanfaatan Kotoran Sapi.....	9
2.3 Fermentasi Pembentukan Biogas Secara Anaerob.....	10
2.3.1 Pengaruh Hidrolisis terhadap Produksi Biogas.....	11
2.3.2 Pengaruh Total Solid Terhadap Produksi Biogas.....	14
2.4 Gula Reduksi.....	14
2.4.1 Metode Nelson Somogyi.....	15
2.4.2 Penentuan Gula Reduksi Metode Luff Schoorl.....	15
2.4.3 Metode Munson Walker.....	15
2.4.4 Metode Iodometri.....	16
2.5 Penelitian Terdahulu.....	16
 BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN	
3.1 Kerangka Penelitian.....	19
3.2 Studi Pustaka.....	19
3.3 Variabel Penelitian.....	19
3.4 Penelitian.....	21
3.4.1 Penelitian Pendahuluan Hidrolisis Eceng Gondok.....	22
3.4.2 Penentuan Rasio C/N Eceng Gondok dan Kotoran Sapi.....	24
3.4.3 Komposisi Campuran.....	24
3.4.4 Total Solid 8% dan 22%.....	25
3.5 Analisis Data.....	25
 BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1 Kondisi Operasi.....	27
4.1.1 Rasio C/N Bahan Baku Reaktor.....	27
4.1.2 Data Hasil Pengamatan pH Reaktor.....	28
4.1.3 Data Hasil Pengamatan Suhu Reaktor.....	35

4.1.4 Data Hasil Pengamatan TS dan VS Reaktor.....	43
4.2 Pengaruh Komposisi Campuran Terhadap Volume Gas yang Dihasilkan.....	51
4.2.1 Pengaruh Komposisi Terhadap Volume Gas yang Dihasilkan pada Total Solid 10 %.....	54
4.2.2 Pengaruh Komposisi Terhadap Volume Gas yang Dihasilkan pada Total Solid 30 %.....	55
4.3 Pengaruh Pretreatment Terhadap Volume Gas yang Dihasilkan	55
4.3.1 Pengaruh Pretreatment Terhadap Volume Gas yang Dihasilkan pada Total Solid 10 %.....	57
4.3.2 Pengaruh Pretreatment Terhadap Volume Gas yang Dihasilkan pada Total Solid 30 %.....	58
4.4 Pengaruh Total Solid Terhadap Volume Gas yang Dihasilkan	58
4.4.1 Pengaruh Total Solid Terhadap Volume Gas yang Dihasilkan pada Total Solid 10 %.....	60
4.4.2 Pengaruh Total Solid Terhadap Volume Gas yang Dihasilkan pada Total Solid 30 %.....	61
4.5 Pengaruh Komposisi,Pretreatment, dan Total Solid.....	62
4.6 Kandungan Gas Metan yang Dihasilkan.....	62
 BAB 5 KESIMPULAN	 65
 Daftar Pustaka.....	 67
Lampiran.....	71

Daftar Tabel

Tabel 2.1	Komposisi Gula dan Polisakarida pada Eceng Gondok.....	9
Tabel 2.2	Karakteristik dan Kandungan Kotoran Sapi.....	10
Tabel 2.3	Perkembangan Penelitian Pemanfaatan Eceng Gondok dan Kotoran Sapi Menjadi Biogas.....	16
Tabel 3.1	Variabel Penelitian.....	21
Tabel 3.2	Data Kadar Hemiselulosa, Selulosa, Lignin, dan Gula Reduksi...	23
Tabel 3.3	Metode Analisis.....	26
Tabel 4.1	Karakteristik Eceng gondok dan Kotoran sapi.....	27
Tabel 4.2	Data Pengamatan TS pada Reaktor	43
Tabel 4.3	Data Pengamatan VS pada Reaktor	44
Tabel 4.4	Persamaan Garis Degradasi VS dan Kenaikan Volume Gas.....	51
Tabel 4.5	Rasio C/N yang Diperkirakan Melalui Perhitungan.....	52
Tabel 4.6	Kadar C dan N Total Masing – masing Reaktor yang Digunakan pada Hari Pertama	52
Tabel 4.7	Data Rasio C/N Reaktor yang Digunakan pada Hari Pertama. ...	53
Tabel 4.8	Data Hasil Perhitungan menggunakan Anova Pengaruh komposisi pada Total Solid 10%.....	54
Tabel 4.9	Data Hasil Perhitungan menggunakan Anova Pengaruh komposisi pada Total Solid 30%.....	55
Tabel 4.10	Kadar Hemiselulosa, Selulosa, Lignin, dan gula reduksi pasca Hidrolisi.....	56
Tabel 4.11	Data Hasil Perhitungan menggunakan Anova Pengaruh Pretreatment.....	57
Tabel 4.12	Data Hasil Perhitungan menggunakan Anova Pengaruh Pretreatment dengan Total Solid 10 %.....	57
Tabel 4.13	Data Hasil Perhitungan menggunakan Anova Pengaruh Pretreatment dengan Total Solid 30 %.....	58
Tabel 4.14	Data Hasil Perhitungan menggunakan Anova Total Solid.....	60
Tabel 4.15	Data Hasil Perhitungan menggunakan Anova Total Solid 10 %....	61
Tabel 4.16	Data Hasil Perhitungan menggunakan Anova Total Solid 30 %....	61
Tabel 4.17	Hasil Uji Signifikansi Anova.....	62
Tabel 4.19	Kandungan Gas Metan	63

Daftar Gambar

Gambar 2.1	Macam-macam jenis kerajinan yang berasal dari Eceng Gondok.....	8
Gambar 2.2	Proses Biometanogenesis.....	12
Gambar 2.3	Proses terpecahnya lignin dan mengeluarkan selulosa dan hemiselulosa.....	13
Gambar 2.4	Reaksi Hidrolisis Menggunakan Asam (H^+).....	14
Gambar 3.1	Kerangka Penelitian.....	20
Gambar 3.2	Reaktor Biogas dengan Kapasitas 6 Liter.....	21
Gambar 4.1	Data Pengamatan pH Reaktor dengan Perlakuan Pretreatment Komposisi 90:10.....	29
Gambar 4.2	Data Pengamatan pH Reaktor dengan Perlakuan Pretreatment Komposisi 70:30.....	30
Gambar 4.3	Data Pengamatan pH Reaktor dengan Perlakuan Pretreatment Komposisi 50:50.....	31
Gambar 4.4	Data Pengamatan pH Reaktor Tanpa Perlakuan Pretreatment Komposisi 90:10.....	32
Gambar 4.5	Data Pengamatan pH Reaktor Tanpa Perlakuan Pretreatment Komposisi 70:30.....	33
Gambar 4.6	Data Pengamatan pH Reaktor Tanpa Perlakuan Pretreatment Komposisi 50:50.....	34
Gambar 4.7	Data Pengamatan Suhu Reaktor dengan Perlakuan Pretreatment pada Komposisi 90:10.....	37
Gambar 4.8	Data Pengamatan Suhu Reaktor dengan Perlakuan Pretreatment pada Komposisi 70:30.....	38
Gambar 4.9	Data Pengamatan Suhu Reaktor dengan Perlakuan Pretreatment pada Komposisi 50:50.....	39
Gambar 4.10	Data Pengamatan Suhu Reaktor Tanpa Perlakuan Pretreatment pada Komposisi 90:10.....	40
Gambar 4.11	Data Pengamatan Suhu Reaktor Tanpa Perlakuan Pretreatment pada Komposisi 70:30.....	41
Gambar 4.12	Data Pengamatan Suhu Reaktor Tanpa Perlakuan Pretreatment pada Komposisi 50:50.....	42
Gambar 4.14	Data Pengamatan VS Reaktor dengan Pretreatment dengan Komposisi 90:10.....	45
Gambar 4.15	Data Pengamatan VS Reaktor dengan Pretreatment dengan Komposisi 70:30.....	46
Gambar 4.16	Data Pengamatan VS Reaktor dengan Pretreatment dengan Komposisi 50:50.....	47
Gambar 4.17	Data Pengamatan VS Reaktor Tanpa Pretreatment dengan Komposisi 90:10.....	48
Gambar 4.18	Data Pengamatan VS Reaktor Tanpa Pretreatment dengan Komposisi 70:30.....	49
Gambar 4.19	Data Pengamatan VS Reaktor Tanpa Pretreatment dengan Komposisi 50:50.....	50

Gambar 4.20	Data Perbandingan Volume Gas dengan Total Solid (Atas: Dengan Pretreatment, Bawah: Tanpa Pretreatment).....	59
-------------	---	----

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) merupakan gulma air yang pertumbuhan dan penyebarannya sangat cepat. Pertumbuhan eceng gondok dipengaruhi oleh kandungan nutrisi pada suatu perairan, terutama nitrogen, fosfat, dan potasium. Eceng gondok mampu bereproduksi dua kali lipat lebih cepat secara aseksual dan dapat mencapai setengah hektar dalam waktu delapan bulan (Gunnarsson dan Petersen, 2007). Eceng gondok juga masuk dalam daftar 100 spesies penginvansi paling berbahaya, karena kecepatan pertumbuhannya (Lowe, *et al.*, 2000). Dampak yang dapat diakibatkan oleh eceng gondok antara lain: (1) menurunnya jumlah cahaya yang masuk ke dalam perairan sehingga menyebabkan menurunnya kadar oksigen dalam air, (2) dapat menurunkan nilai estetika lingkungan perairan, dan (3) eceng gondok yang telah mati akan turun ke dasar perairan dan mengakibatkan pendangkalan (Lowe, *et al.*, 2000).

Pemanfaatan eceng gondok masih terbatas seperti dijadikan bahan-bahan kerajinan tangan seperti kursi, meja, tas, keranjang. Penelitian yang dipaparkan oleh Kunatsa dan Mufundirwa (2013), eceng gondok dapat menjadi sumber pembuatan biogas, karena eceng gondok memiliki kandungan polisakarida yang cukup tinggi, serta banyak ditemukan hampir di setiap perairan. Berdasarkan hasil penelitian Yonathan *et al.* (2013) menunjukkan volume gas tertinggi yaitu 1162,97 mL dari 543,2 g substrat dengan variabel komposisi 2 : 2,5 eceng gondok : Kotoran sapi.

Biogas dapat terbentuk secara baik jika substrat memiliki rasio C/N sebesar 20-30 (Dioha *et al.*, 2013), Pemanfaatan eceng gondok sebagai substrat pembuatan biogas dapat dilakukan karena eceng gondok memiliki C/N rasio sebesar 20,9 (Tchobanoglous *et al.*, 1993). Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Winda (2015) rasio C/N eceng gondok sebesar 7,22. Nilai ratio C/N 7,22 sangat kecil jika dibandingkan dengan ratio C/N yang dibutuhkan untuk

pembentukan biogas yang baik pada ratio C/N sebesar 20-30. Guna meningkatkan nilai ratio C/N dari eceng gondok yang rendah perlu dicampurkan dengan limbah organik yang kurang dimanfaatkan seperti kotoran hewan, sampah, atau bahan organik lainnya yang memiliki nilai ratio C/N lebih tinggi.

Berdasarkan data Dinas Peternakan Provinsi Jawa Timur, kota Surabaya memiliki dua RPH (Rumah Potong Hewan). Rumah potong hewan Surabaya terdiri dari RPH Pegirian, dan RPH Kedurus. Berdasarkan data statistik dinas Provinsi Jawa Timur, pada tahun 2014 jumlah sapi di kota Surabaya mencapai 614 ekor (www.disnak-jatimprov.go.id). Seekor sapi dapat menghasilkan 3-4 Kg kotoran setiap harinya (Abutani *et al.*, 2011). Berdasarkan data tersebut dihasilkan $\pm 2,149$ ton/ hari kotoran sapi. Kotoran sapi banyak dimanfaatkan sebagai pupuk kompos, tetapi peminat pupuk kompos masih kurang. Kotoran sapi yang tidak dimanfaatkan sebagai pupuk kompos dapat dimanfaatkan, oleh karena itu kotoran sapi berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai bahan campuran pembuatan biogas. Ratio C/N dari kotoran sapi cukup tinggi yaitu 21,23 (Tripetchkul *et al.*, 2012), rasio C/N kotoran sapi sangat dipengaruhi oleh jenis makanan yang dikonsumsi.

Pencampuran antara eceng gondok dan kotoran sapi diharapkan dapat meningkatkan nilai rasio C/N hingga mendekati C/N rasio yang baik untuk biogas. Tercapainya rasio C/N berkisar antara 20-30 diharapkan dapat membentuk biogas secara maksimum. Penelitian yang dilakukan oleh Ari *et al.*, (2009), Saputro *et al.* (2010) menunjukkan bahwa rasio C/N terbaik untuk biogas adalah 30.

Kendala dari pemanfaatan eceng gondok menjadi biogas yaitu keberadaan selulosa dan hemiselulosa yang secara struktur sangat sulit untuk diurai. Penelitian yang dilakukan Mishima (2008) kandungan selulosa dan hemiselulosa pada eceng gondok sebesar 34,2% dan 27,0%. Penelitian yang dilakukan oleh Cheng *et al.*, (2013) menunjukkan kandungan selulosa dan hemiselulosa pada eceng gondok sebesar 27,0% dan 20,3%. Penelitian yang dilakukan oleh Xia *et al.*, (2013) menunjukkan kandungan selulosa dan hemiselulosa pada eceng gondok sebesar 23,31% dan 22,11%. Lignoselulosa yang kandungannya terdiri dari selulosa dan hemiselulosa dapat didegradasi menggunakan berbagai macam teknik yang salah satunya adalah hidrolisis.

Sebelum dilakukan penelitian pemanfaatan eceng gondok sebagai bahan pembuatan biogas perlu dilakukan perlakuan awal. Perlakuan awal dilakukan guna mengurai lignoselulosa menjadi gula reduksi yang lebih mudah dirubah menjadi biogas. Perlakuan awal pada penelitian ini dilakukan pada saat penelitian pendahuluan dengan cara menghidrolisis eceng gondok menggunakan H_2SO_4 dengan konsentrasi 5% selama 60, 70, dan 80 menit. Penelitian yang dilakukan oleh Gao *et al.*, (2013) menunjukkan bahwa pengaruh hidrolisis menggunakan 1-N-butyl-3-methylimidazolium chloride dapat menurunkan kadar lignin dan meningkatkan kadar selulosa sebesar 27,9% dengan suhu $120^{\circ}C$ selama 120 menit. Diharapkan dengan meningkatnya kadar selulosa dapat meningkatkan produksi biogas. Zheng *et al.*, (2014) memaparkan bahwa pengaruh hidrolisis lignoselulosa menggunakan asam atau basa dapat meningkatkan hasil CH_4 . Penelitian yang dilakukan oleh Cheng *et al.*, (2013) melakukan hidrolisis menggunakan H_2SO_4 1% menggunakan suhu $140^{\circ}C$ selama 15 menit. Hasil penelitian menunjukkan terjadi penurunan kadar selulosa, hemiselulosa dan lignin seiring meningkatnya konsentrasi H_2SO_4 yang digunakan.

Pembentukan biogas juga ditentukan oleh kadar solid (*Total Solid*). *Total solid* optimum pada pembuatan biogas ada tiga yaitu: *low solid* dengan persentasi di bawah 10%, *medium solid* dengan persentasi 15-20%, dan *high solid* dengan persentasi 22-40% (Monnet, 2003). Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Astuti (2013) diperoleh biogas optimum dengan persen total solid sebesar 20%.

Berdasarkan latar belakang tersebut maka penelitian ini dilakukan dengan variabel perbandingan campuran eceng gondok dan kotoran sapi, Pretreatment, dan kadar solid.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dijabarkan sebagai berikut:

1. Berapa komposisi optimum campuran eceng gondok dengan kotoran sapi yang dapat menghasilkan volume biogas yang maksimal?
2. Apakah ada perbedaan volume gas yang dihasilkan antara reaktor yang dilakukan *Pretreatment* dengan tanpa *Pretreatment*?

3. Apakah ada pengaruh kadar *low solid* dan *high solid* terhadap biogas yang dihasilkan?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian dijabarkan sebagai berikut:

1. Menentukan komposisi optimum eceng gondok dengan kotoran sapi yang dapat menghasilkan volume biogas yang maksimum.
2. Membandingkan jumlah gas yang dihasilkan antara antara reaktor yang dilakukan *Pretreatment* dengan tanpa *Pretreatment*.
3. Menentukan pengaruh kadar *low solid* dan *high solid* terhadap biogas yang dihasilkan.

1.4 Ruang Lingkup Penelitian

Ruang lingkup yang akan digunakan pada penelitian ini antara lain :

1. Bahan utama pembuatan biogas adalah tanaman eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) yang berasal dari kawasan sekitar kampus ITS Sukolilo, dan kotoran sapi yang digunakan berasal dari rumah pemotongan hewan pegirian, Surabaya.
2. Reaktor pembuatan biogas berupa anaerobic digester tipe batch.
4. Variabel dalam penelitian ini adalah komposisi bahan, dan kadar solid.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian dijabarkan sebagai berikut:

1. Pengembangan ilmu pengetahuan
Penelitian ini diharapkan dapat berperan sebagai sumbangsih dalam pengaplikasian ilmu lingkungan khususnya untuk penanggulangan eceng gondok serta pemanfaatan eceng gondok sebagai substrat pembuatan biogas.
2. Masyarakat
Penelitian pemanfaatan eceng gondok sebagai sumber substrat pembuatan biogas dapat dimanfaatkan oleh masyarakat yang tinggal di sekitar aliran air yang banyak ditumbuhi eceng gondok, serta dapat dimanfaatkan pula oleh masyarakat yang tinggal di sekitar bendungan yang banyak mendapat kiriman

eceng gondok pada saat musim penghujan. Penelitian ini diharapkan dapat membantu mengatasi kebersihan lingkungan, khususnya daerah yang banyak ditumbuhi oleh eceng gondok, serta membantu masyarakat di sekitar aliran air yang banyak ditumbuhi eceng gondok untuk memanfaatkan eceng gondok menjadi bahan bakar untuk kegiatan sehari-hari. Penelitian ini diharapkan mampu memaksimalkan limbah kotoran sapi.

[Halaman Sengaja Dikosongkan]

BAB 2

LANDASAN TEORI

2.1 Pemanfaatan Eceng Gondok

Eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) merupakan gulma air yang pertumbuhan dan penyebarannya yang sangat cepat, pertumbuhan eceng gondok dengan kondisi perairan yang mendukung seperti kandungan nutrisi yang sangat banyak, eceng gondok mampu bereproduksi dua kali lipat lebih cepat secara asexual dalam waktu dua minggu, dan dapat mencapai setengah hektar dalam waktu delapan bulan (Gunnarsson and Petersen, 2007). Eceng gondok atau *Eichhornia crassipes* memiliki taksonomi sebagai berikut (Jaikumar, 2012):

Divisi	: <i>Magnoliophyta</i>
Kelas	: <i>Liliopsida</i>
Subclass	: <i>Commelinidae</i>
Superorder	: <i>Commelinanae</i>
Order	: <i>Pontederiales</i>
Family	: <i>Pontederiaceae</i>
Genus	: <i>Eichornia</i>
Spesies	: <i>crassipes</i>

Eceng gondok merupakan tumbuhan air yang mengapung bebas (terkadang tertanam dengan akarnya). Tergolong dalam keluarga *Pontederiaceae* yang sudah diakui mempunyai nilai ekonomi dan pengganggu ekologi pada banyak wilayah sub-tropical dan tropical di dunia. Tumbuhan ini terdaftar sebagai salah satu tumbuhan yang paling produktif di Bumi. Eceng gondok tumbuh secara luas di berbagai jenis lahan basah (*wetland*) seperti, rawa-rawa (termasuk rawa bakau), payau, serta gambut dan banyak ditemukan tumbuh di danau, sungai, kolam, area transportasi air (*waterways*), selokan dan *backwater areas* (Jaikumar, 2012). Pertumbuhan eceng gondok dipengaruhi oleh kandungan nutrisi pada suatu perairan, terutama nitrogen, fosfat, dan potasium. Eceng gondok juga masuk dalam daftar 100 spesies penginvansi paling berbahaya, karena kecepatan

pertumbuhannya (Lowe, *et al.*, 2000). Dampak yang dapat diakibatkan oleh eceng gondok antara lain: (1) menurunnya jumlah cahaya yang masuk kedalam perairan sehingga menyebabkan menurunnya kadar oksigen dalam air, (2) dapat menurunkan nilai estetika lingkungan perairan, dan (3) eceng gondok yang telah mati akan turun ke dasar perairan dan mengakibatkan pendangkalan.

Eceng gondok merupakan salah satu gulma yang sangat mengganggu perairan, karena laju pertumbuhannya yang sangat cepat. pertumbuhan yang sangat cepat dari eceng gondok dapat dimanfaatkan sebagai bahan dasar pembuatan biogas dan pupuk organik dalam jumlah besar. Eceng gondok dapat digunakan sebagai substrat pembentukan biogas, karena eceng gondok memiliki C/N rasio sebesar 20,9 (Tchobanoglous *et al.*, 1993), menurut penelitian yang dilakukan oleh Winda (2015) diperoleh nilai rasio C/N yang sangat rendah yaitu 7,23. Biogas dapat terbentuk secara baik jika substrat memiliki rasio C/N sebesar 20-30 (Dioha, 2013).

Eceng gondok merupakan gulma yang sangat mengganggu di suatu perairan. Eceng gondok banyak dimanfaatkan oleh masyarakat menjadi bahan-bahan kerajinan seperti tas belanja, kursi. selain dapat dimanfaatkan sebagai bahan kerajinan, eceng gondok dapat dijadikan sebagai sumber bahan bakar alternative, karena eceng gondok banyak memiliki kandungan polisakarida cukup banyak.



Gambar 2.1. Macam-macam jenis kerajinan yang berasal dari Eceng Gondok
(Sumber: hms2701metta.wordpress.com)

Kandungan gula dan polisakarida lainnya pada eceng gondok seperti pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1. Komposisi Gula dan Polisakarida pada Eceng Gondok

Jenis Gula	Kadar persentase (%) ^a	Kadar persentase (%) ^b	Kadar persentase (%) ^c
Glukosa	25.2		
Man/Gal/Xyl	5.6		
Arabinosa	3.9		
Polisakarida			
Selulosa	34.2	27,0	23,31
Hemiselulosa	27.0	20,3	22,11
<i>Starch</i>	4.1		

Sumber: ^a Mishima (2008), ^b Cheng, *et al.*, (2013), ^c Xia, *et al.*, (2013)

Data pada Tabel 2.1 menunjukkan jumlah gula yang berpotensi sebagai sumber bahanbaku biogas. Sifat eceng gondok yang dapat bereproduksi secara cepat dan masal dapat menjadi suatu kelebihan dalam hal sumber bahan baku. Eceng gondok dapat dimanfaatkan dalam produksi biogas karena mempunyai kandungan hemiselulosa yang cukup besar dibandingkan komponen organik tunggal lainnya. Hemiselulosa adalah polisakarida kompleks yang merupakan campuran polimer yang jika dihidrolisis menghasilkan produk campuran turunan yang dapat diolah dengan metode *anaerobic digestion* untuk menghasilkan dua senyawa campuran sederhana berupa metan dan karbon dioksida yang biasa disebut biogas (Ghosh *et al.*, 1984).

Pemanfaatan eceng gondok sebagai bahan dasar pembuatan biogas telah banyak dilakukan, antara lain oleh Astuti (2013) yang memanfaatkan campuran eceng gondok, kotoran sapi, dan air dengan perbandingan 1:2:14 dan dihasilkan 47,42 mL biogas per 600 mL campuran. Penelitian lain yang memanfaatkan eceng gondok sebagai bahan dasar pembuatan biogas dilakukan oleh Yonathan *et al.*, (2013) diperoleh hasil biogas tertinggi yaitu 1162,97 mL dari 543,25g substrat dengan campuran eceng gondok dan kotoran sapi sebesar 2:2,5. Hasil penelitian lain seperti penelitian yang dilakukan oleh Chuang *et al.*, (2011) dengan menggunakan eceng gondok yang dicampur dengan kotoran babi diperoleh konsentrasi optimum eceng gondok sebesar 40g/L dengan suhu optimum 62,5°C.

2.2 Pemanfaatan Kotoran Sapi

Berdasarkan data dinas peternakan provinsi Jawa Timur, kota Surabaya memiliki dua RPH (Rumah Potong Hewan). Rumah potong hewan Surabaya

terdiri dari RPH Pegirian, dan RPH Kedurus. Berdasarkan data statistik dinas Provinsi Jawa Timur, pada tahun 2014 jumlah sapi di kota Surabaya mencapai 614 ekor (www.disnak-jatimprov.go.id). Seekor sapi dapat menghasilkan 3-4 Kg kotoran setiap harinya (Abutani *et al.*, 2011). Berdasarkan data tersebut dihasilkan $\pm 2,149$ ton/ hari kotoran sapi.

Tabel 2.2 Karakteristik dan Kandungan Kotoran Sapi

Kandungan	Kadar (%)
TS (Total Solid)	90,5
VS (Volatil Solid)	77,5
Selulosa	19,75
Zat Warna	6,75
Abu	22,5

Sumber: Malik *et al.* (1990)

Kotoran sapi banyak dimanfaatkan sebagai pupuk kompos, tetapi peminat pupuk kompos masih kurang. Kotoran sapi yang tidak dimanfaatkan sebagai pupuk kompos dapat dimanfaatkan sebagai substrat pembentukan biogas. Ratio C/N dari kotoran sapi cukup tinggi yaitu 21,23 (Tripetchkul *et al.*, 2012), serta kandungan volatil solid yang cukup tinggi yaitu 77,5. Oleh karena itu kotoran sapi berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai bahan campuran pembuatan biogas.

2.3 Fermentasi Pembentukan Biogas Secara Anaerob

Fermentasi adalah suatu proses perubahan – perubahan kimia dalam suatu substrat organik yang dapat berlangsung karena katalis enzim yang dihasilkan oleh mikroba-mikroba tertentu pada keadaan tanpa oksigen (Anaerobik) (Tjokroadikoesoemo, 1986). Biogas merupakan produk yang dihasilkan dari proses perombakan senyawa organik menjadi biogas melalui proses fermentasi anaerobik dengan bantuan bakteri metanogenik. Fermentasi senyawa organik menjadi biogas melalui empat proses perombakan senyawa organik, yaitu hidrolisis, asidogenesis, asetogenesis, dan metanogenesis (Surendra *et al.*, 2014). Faktor yang mempengaruhi proses pembuatan biogas, antara lain faktor derajat keasaman (pH), suhu, dan rasio C/N substrat.

Pengolahan limbah padat secara anaerobik yang dapat menghasilkan biogas, merupakan salah satu teknik pengolahan yang tidak hanya mampu mengelola limbah yang digunakan tetapi juga dapat menghasilkan hasil samping yang sangat bermanfaat (Yusuf dan Ify, 2011). Derajat keasaman dapat mempengaruhi kerja dari bakteri yang ada dalam digester, pH antara 6.8 sampai 8 merupakan pH optimum dalam proses pembentukan biogas. Suhu lingkungan dapat menentukan aktif tidaknya bakteri yang berperan dalam pembuatan biogas. Suhu antara 32 - 37°C merupakan suhu optimum untuk proses pembentukan biogas. Perbandingan karbon (C) dan Nitrogen (N) yang terkandung dalam bahan organik yang digunakan sebagai bahan dasar pembuatan biogas sangat menentukan kehidupan dan aktivitas mikroorganisme.

Biogas yang dihasilkan dari proses fermentasi eceng gondok tergolong kurang maksimal, karena komposisi gula yang lebih sedikit dibandingkan jumlah polisakarida. Polisakarida merupakan polimer gugus panjang dari gula yang perlu perlakuan khusus agar dapat digunakan sebagai sumber pembuatan biogas. Hidrolisis terhadap eceng gondok ditujukan mendegradasi polisakarida agar menjadi gula yang lebih sederhana. Hidrolisis yang dilakukan dapat berupa pemanasan menggunakan asam atau basa. Hidrolisis menggunakan asam terbukti mampu meningkatkan biogas yang dihasilkan, seperti penelitian yang dilakukan oleh Gao *et al.*, 2013.

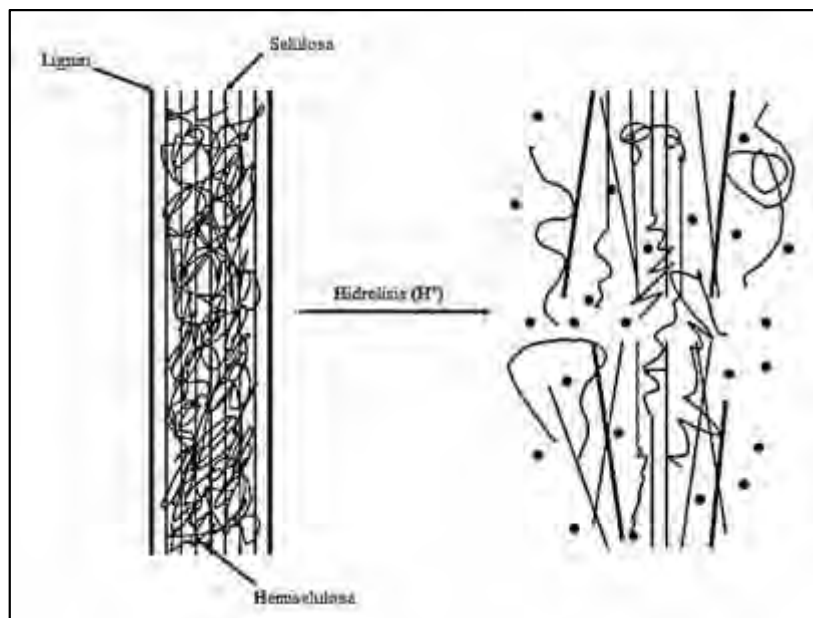
2.3.1 Pengaruh Hidrolisis terhadap Produksi Biogas

Hidrolisis merupakan reaksi pemutusan ikatan yang diinisiasi oleh air. Hidrolisis banyak dimanfaatkan untuk perlakuan awal dalam proses penyederhanaan gula kompleks atau gula berantai panjang seperti selulosa, dan hemiselulosa. Reaksi hidrolisis secara kimia dapat dilakukan dengan menggunakan asam encer maupun asam pekat. Penggunaan asam encer pada proses hidrolisis dilakukan pada temperatur dan tekanan tinggi dengan waktu reaksi yang singkat (beberapa menit).

Hidrolisis dengan waktu berkisar 10-30 menit hanya dapat menurunkan lignin dan meningkatkan kandungan selulosa dan hemiselulosa seperti yang dilakukan oleh Gao *et al.*, (2013) menunjukkan bahwa hidrolisis eceng gondok

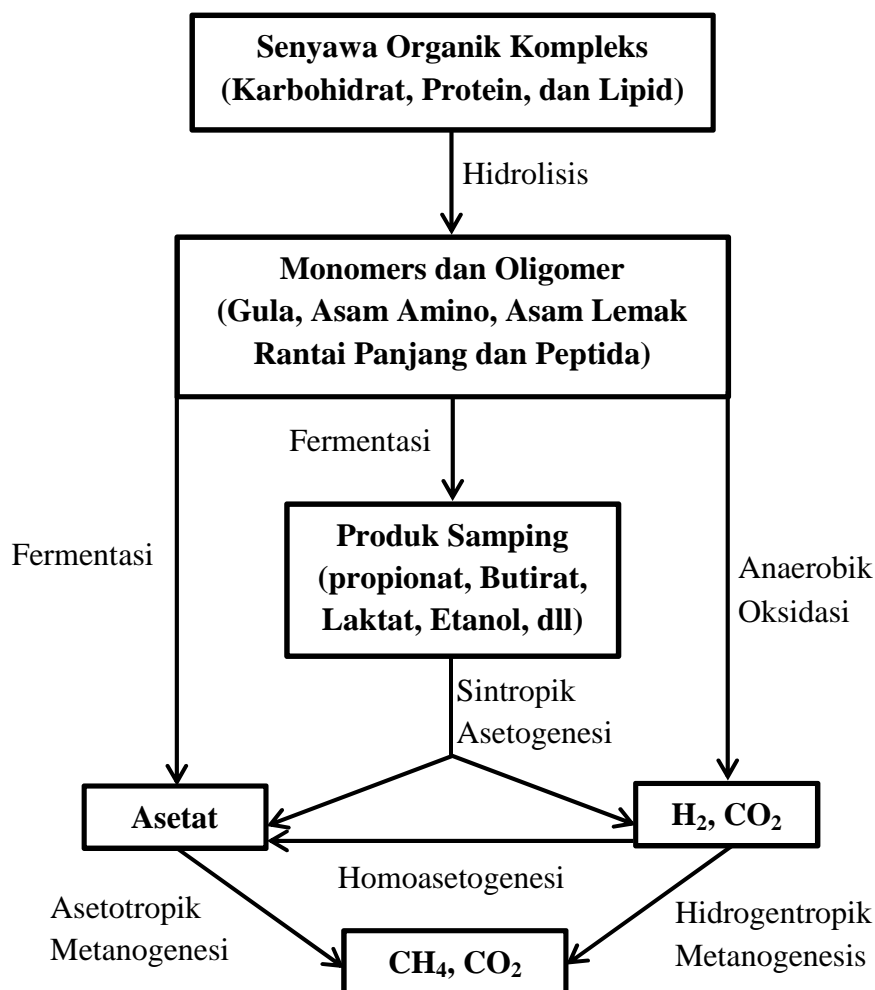
menggunakan 1-N-butyl-3-metyimidazolium chloride, dan dimethyl sulfoxide pada suhu 120°C selama 30 menit mampu meningkatkan kadar selulosa sebesar 27,9%. Peningkatan kadar selulosa dan hemiselulosa diakibatkan pecahnya dinding sel lignin seperti pada Gambar 2.3.

Hidrolisis diketahui dapat meningkatkan produksi CH₄. Penggunaan asam encer untuk menghidrolisis selulosa mampu terkonversi hingga 50% (Badger, 2002). Menurut penelitian yang dilakukan oleh Cheng (2013) hidrolisis menggunakan H₂SO₄ 1% selama 70 menit menghasilkan gula reduksi tertinggi sebesar 90%. Hidrolisis menggunakan asam seperti H₂SO₄ 5% selama 30-100 menit dapat mereduksi selulosa menjadi Glukosa, dan Hemiselulosa menjadi Glukosa, Galaktosa, Manosa, Xilosa, dan Arabinosa yang selanjutnya jika dilakukan hidrolisis diatas 100 menit akan terjadi penurunan kadar glukosa yang dihasilkan (Harun *et al.*, 2011). Reaksi yang terjadi selama hidrolisis dapat dilihat pada Gambar 2.2. berdasarkan reaksi pada Gambar 2.2 hidrolisis selulosa dan hemiselulosa selain dapat menghasilkan Glukosa, Galaktosa, Manosa, Xilosa, dan Arabinosa dapat pula menghasilkan senyawa lainnya jika hidrolisis dilakukan secara terus menerus yang dapat menurunkan kadar gula.



Gambar 2.2. Proses terpecahnya lignin dan mengeluarkan selulosa dan hemiselulosa. (Sumber: Forrest *et al.*, 2010)

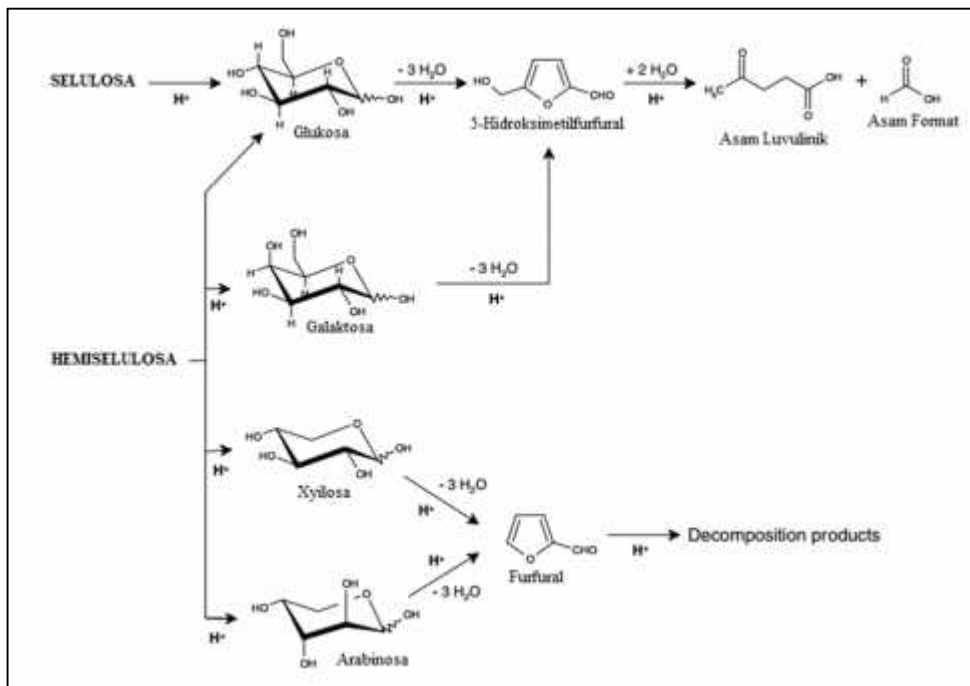
Secara alamiah bakteri anaerobik dapat mendegradasi eceng gondok menjadi biogas dengan melalui proses panjang seperti yang tergambar pada Gambar 2.3. Senyawa organik Terdegradasi menjadi biogas melalui empat proses, yaitu hidrolisis, asidogenesis, asetogenesis, dan metanogenesis. Pada proses hidrolisis terjadi perombakan senyawa organik kompleks menjadi monomer dan oligomernya. Senyawa organik yang lebih sederhana kemudian mengalami proses asidogenesis, yaitu proses perombakan menjadi asam organik rantai pendek seperti asam butirat, asam propionat, asam asetat, dan alkohol. Pada proses asidogenesis asam butirat, asam propionat, dan alkohol dirubah menjadi asam asetat. Tahap selanjutnya yaitu proses perombakan asam asetat menjadi gas metana.



Gambar 2.3. Proses Biometanogenesis (Sumber: Surendra, *et al.*, 2014)

2.3.2 Pengaruh Total Solid Terhadap Produksi Biogas

Total solid atau total padatan yang memiliki nilai perbandingan berat/berat (g/g). Perbandingan berat/berat antara padatan dan cairan yang digunakan pada proses anaerobik. Total solid memiliki tiga jenis yaitu *low solid*, *medium solid*, dan *high solid*. Rasio masing-masing jenis total solid yaitu kurang dari 10% untuk *low solid*, 15-20% untuk *medium solid*, dan 23-40% untuk *high solid* (Monnet, 2003). Pada praktiknya pengaruh total solid dipengaruhi juga oleh jenis bahan yang digunakan. Penggunaan kotoran babi dan kotoran sapi dapat menurunkan gas metan yang dihasilkan dengan semakin meningkatnya kadar total solid yang digunakan (Itodo and Awulu, 1999). Menurut penelitian yang dilakukan oleh Bujoczek *et al.* (2000) menunjukkan bahwa konsentrasi total solid diatas 4% dapat meningkatkan hasil biogas hingga konsentrasi total solid tertentu. Penggunaan kotoran babi memiliki konsentrasi maksimum total solid 10%, dan akan menurunkan kadar gas yang dihasilkan jika diatas 10%. Penelitian total solid eceng gondok dan kotoran sapi dilakukan oleh Astuti (2013) menunjukkan bahwa dihasilkan biogas tertinggi dengan total solid 20%.



Gambar 2.4. Reaksi Hidrolisis Menggunakan Asam (H^+).
(Sumber: Girisula *et al.*, 2008)

2.4 Gula reduksi

Gula reduksi adalah jenis bahan organik yang memiliki daya mereduksi logam-logam. Unsur yang memiliki gugus aldehyd dan gugus keton dalam suasana alkalis memiliki sifat mereduksi logam. Glukosa dan fruktosa adalah komponen utama molase yang mempunyai sifat mereduksi. Gula reduksi dari molase berasal dari batang tebu dan sebagian karena hidrolisis sukrosa oleh karena pengaruh asam atau enzimatik.



Kecepatan hidrolisis biasanya akan meningkat seiring dengan meningkatnya kondisi asam dan suhu. Metode untuk analisis gula reduksi antara lain Metode Nelson Somogyi, Metode Luff Schoorl, Metode Munson Walker, dan Metode iodometri.

2.4.1 Metode Nelson Somogyi

Penentuan kadar gula reduksi dengan metode Nelson Somogyi menggunakan larutan standar dengan konsentrasi 2,4,6,8, dan 10 mg/100ml. Larutan standar tersebut masing-masing ditambah reagen Nelson Somogyi biru. Penambahan reagen berfungsi untuk mereduksi kuprioksida menjadi kupro oksida. K-Na-tartrat yang terdapat dalam reagen Nelson Somogyi berfungsi sebagai pencegah terjadinya pengendapan kuprioksida. Larutan blanko menggunakan akuades. Setelah larutan yang berwarna biru menjadi kehijauan maka dipanaskan 20 menit. Pemanasan berfungsi untuk mempercepat proses reduksi kupri oksida menjadi kuprooksida. Penambahan reagen arsenomolibdat agar bereaksi dengan endapan kuprooksida. Kuprooksida akan mereduksi kembali arsenomolibdat menjadi molibdenum yang berwarna biru. Larutan inilah yang akan diukur pada spektrofometer.

2.5 Penelitian Terdahulu

Penelitian mengenai pemanfaatan eceng gondok sebagai sumber bahan baku pembuatan biogas telah banyak dilakukan. Penelitian pemanfaatan eceng gondok telah banyak dikembangkan di Indonesia maupun Luar negeri. Pada Tabel 2.3 dipaparkan perkembangan penelitian mengenai eceng gondok.

Tabel 2.3. Perkembangan Penelitian Pemanfaatan Eceng Gondok dan Kotoran Sapi Menjadi Biogas

PENELITI	JUDUL	TAHUN
Dar dan Tandon	Biogas Production from Pretreatment Wheath Straw, Lantana Residue, Apple, and Peach Leaf Litter with Cattle Dung	1987
Moorhead dan Nordstedt	Batch Anaerobic Digestion of Water Hyacinth Effects of Particle Size, Plant Nitrogen Content and Inoculum Volume	1993
Chanakya, Borgaonkar, Meena, dan Jagadish	Solid-Phase Biogas Production with Garbage or Water Hyacinth	1993
Rahayu, Purwaningsih, dan Pujiyanto	Pemanfaatan Kotoran Ternak Sapi sebagai Sumber Energi Alternatif Ramah Lingkungan Beserta Aspek Sosio Kultural	2009
Sudhakar, Ananthakrishnan dan Goyal	Biogas Production from a Mixture of Water Hyacinth, Water Chestnut, and Cow Dung	2013
Al Imam, Khan, Sarka, dan Ali	Development of Biogas Processing from Cow Dung, Poultry Waste, and Water Hyacinth	2013

Harun, Radiah, Abidin, dan Yunus	Effect of Physiscal Pretreatment on Dilut Acid Hydrolysis of Water Hyacinth (<i>Eichhornia crassipes</i>)	2011
-------------------------------------	--	------

Berdasarkan penelitian-penelitian sebelumnya yang telah dilakukan, penelitian ini mengadopsi dan menggabungkan beberapa penelitian dengan menambahkan beberapa variabel lain. Vabel lain yang ditambahkan antara lain komposisi, dan total solid.

[Halaman Sengaja Dikosongkan]

BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1 Kerangka Penelitian

Kerangka penelitian disusun bertujuan untuk mengetahui tahapan-tahapan yang akan dilakukan selama penelitian berlangsung. Langkah-langkah yang akan dikerjakan selama penelitian tesis ini dapat dilihat pada Gambar 3.1.

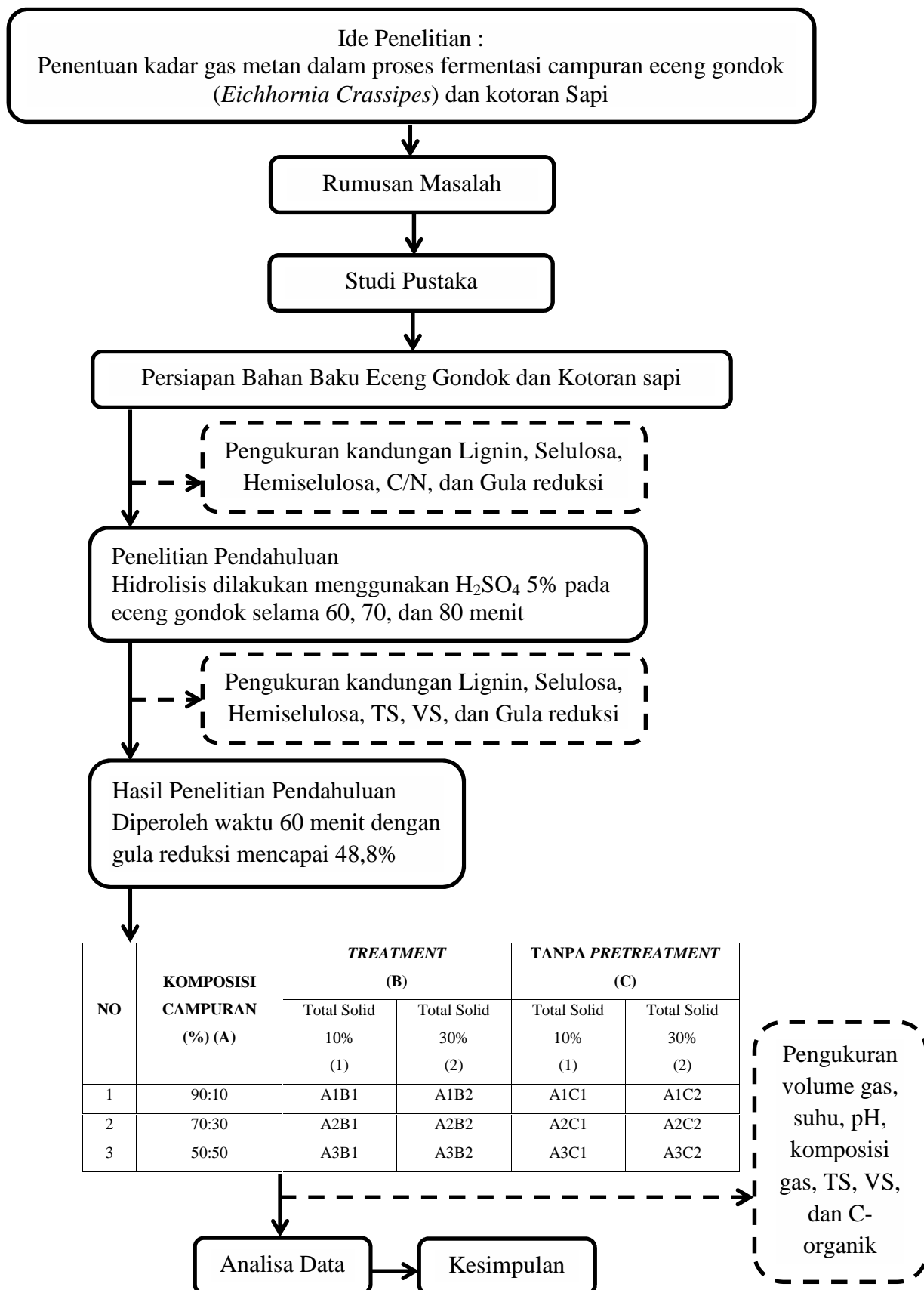
Berdasarkan kerangka penelitian pada Gambar 3.1, penelitian mengenai “Analisis Pembentukan Biogas dengan Bahan Baku Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*)” dilakukan dengan 3 variabel, yaitu: 1. Komposisi campuran eceng gondok dengan kotoran sapi, 2. *Pretreatment*, 3. Komposisi Total Solid.

3.2 Studi Pustaka

Pada studi pustaka menggunakan pendekatan–pendekatan teori dasar maupun hasil penelitian yang berkaitan dengan penelitian yang akan dilaksanakan. Adapun sumber pustaka yang dipakai adalah penelitian disertasi, tesis, skripsi, buku teks, jurnal ilmiah, prosiding dan informasi dari berbagai sumber yang dapat digunakan dalam penelitian. Bacaan dan literatur yang akan digunakan dalam tesis ini meliputi pengetahuan tentang; biogas, eceng gondok, hidrolisis, dan total solid.

3.3 Variabel Penelitian

Variabel dalam penelitian ini ada 3, yaitu komposisi campuran eceng gondok dan kotoran sapi, *Pretreatment* eceng gondok, dan total solid. Variabel penelitian pertama adalah komposisi campuran antara eceng gondok dan kotoran sapi. Reaktor yang digunakan diisi dengan perbandingan berat komposisi antara eceng gondok dan kotoran sapi antara lain 90:10; 70:30; dan 50:50. Variabel yang kedua adalah total solid 10% dan 30%. Variabel penelitian yang ketiga yaitu *Pretreatment*, variabel penelitian dapat dilihat pada Tabel 3.1.



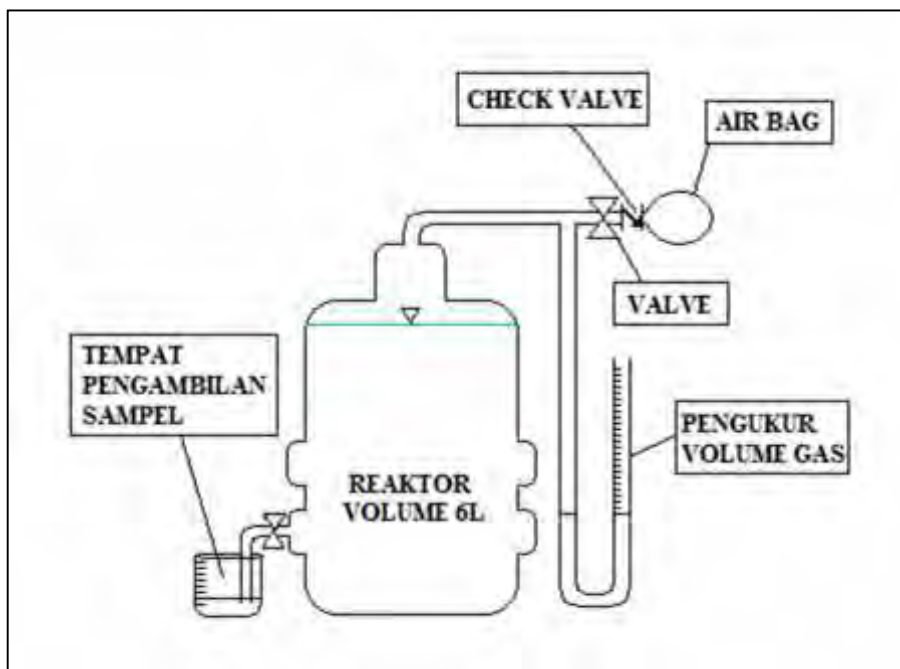
Gambar 3.1 Kerangka penelitian

Tabel 3.1 Variabel Penelitian

NO.	KOMPOSISI CAMPURAN (%) (A)	TREATMENT (B)		TANPA <i>PRETREATMENT</i> (C)	
		Total Solid 10% (1)	Total Solid 30% (2)	Total Solid 10% (1)	Total Solid 30% (2)
1	90:10	A1B1	A1B2	A1C1	A1C2
2	70:30	A2B1	A2B2	A2C1	A2C2
3	50:50	A3B1	A3B2	A3C1	A3C2

3.4 Penelitian

Pengambilan bahan baku eceng gondok dilakukan di badan air di sekitar kampus ITS Surabaya. Tahap persiapan dilakukan di *Workshop* Teknik Lingkungan ITS Surabaya. Tahap awal persiapan reaktor yang akan digunakan, reaktor yang digunakan merupakan galon air dengan ukuran 6 L. Model reaktor yang digunakan digambarkan pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2. Reaktor biogas dengan kapasitas 6 liter.

Tahap persiapan bahan baku dilakukan dengan cara memisahkan daun eceng gondok dan batang dari akarnya. Setelah dipisahkan dilanjutkan mencuci bersih eceng gondok lalu diblender hingga ukuran ± 5 mm. Persiapan selanjutnya melakukan penelitian pendahuluan berupa hidrolisis eceng gondok yang akan

digunakan. Hidrolisis menggunakan H_2SO_4 5% selama 60, 70, dan 80 menit yang bertujuan untuk mengetahui pada menit beberapa perombakan lignoselulosa dihasilkan secara maksimal. Selanjutnya mencampurkan eceng gondok yang telah di hidrolisis dan kotoran sapi dengan komposisi 90:10; 70:30; dan 50:50, dengan sebagai kontrol eceng gondok yang tidak di hidrolisis, dengan total *solid* campuran eceng gondok dan kotoran sapi sebesar *low solid* 10% dan *high solid* 30%. Selama proses dilakukan pengamatan pH, Volume gas, suhu, TS, dan VS yang dilakukan 3 kali dalam sehari selama 30 hari.

Tahapan penelitian meliputi penelitian pendahuluan hidrolisis eceng gondok, pencampuran dengan kotoran sapi berbagai komposisi, dan dimulai proses degradasi pembentukan biogas. Reaktor biogas yang digunakan memiliki volume total 6 L dengan konsentrasi solid sebesar *low solid* 10% dan *high solid* 30%. Sehingga dari total kapasitas reaktor 6L dengan 0,5L sebagai ruang kosong, sehingga total ruang galon yang digunakan 5,5L. Proses pembentukan biogas dilakukan selama 30 hari dengan dilakukan pengamatan pH, Volume gas, suhu, TS, dan VS 3 kali dalam sehari. Setiap harinya dilakukan pengamatan suhu reaktor, dengan setiap hari dilakukan pengukuran pH.

3.4.1 Penelitian Pendahuluan Hidrolisis Eceng Gondok

Hidrolisis eceng gondok bertujuan untuk memutus ikatan-ikatan polysakarida sehingga menjadi ikatan yang lebih sederhana. Menurut Zheng, *et al.* (2014) hidrolisis dapat menggunakan asam sulfat (H_2SO_4), asam klorida (HCl), asam nitrat (HNO_3), Asam pospat (H_3PO_4), asam asetat, dan asam maleik. Asam sulfat merupakan asam yang paling efektif dalam menghidrolisis ikatan-ikatan pada polysakarida. Hidrolisis menggunakan asam memiliki dua teknik yaitu, menggunakan asam dengan konsentrasi rendah dengan kombinasi suhu dan tekanan tinggi selama 1-2 jam, atau menggunakan asam dengan konsentrasi tinggi dengan suhu dan tekanan rendah selama 15 menit (Badger, 2002). Penggunaan H_2SO_4 5% berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh penelitian yang dilakukan oleh Harun *et al.*, (2011) melakukan hidrolisis menggunakan H_2SO_4 5% selama 30-100 menit.

Hidrolisis yang akan dilakukan dalam penelitian menggunakan H_2SO_4 5% dengan lama pemanasan selama 60, 70, dan 80 menit dengan suhu pemanasan $\pm 100^\circ C$. Tujuan penelitian pendahuluan hidrolisis eceng gondok untuk meningkatkan kadar gula reduksi, sehingga diharapkan dapat meningkatkan produksi biogas. Penelitian pendahuluan diperoleh data berupa Kadar C organik eceng gondok, kadar hemiselulosa, selulosa, lignin, dan kadar gula reduksi. Data yang diperoleh dari penelitian pendahuluan dipaparkan pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2 Data Kadar Hemiselulosa, Selulosa, Lignin, dan Gula Reduksi Eceng gondok.

Waktu Hidrolisis (menit)	Komponen			
	Hemiselulosa	Selulosa	Lignin	Gula Reduksi (mg/100ml)
0				-
60				
70				
80				

Berdasarkan hasil penelitian pendahuluan, diperoleh data gula reduksi terbaik pada menit 80. Pada menit 80 diperoleh data gula reduksi sebesar 7,7 mg/100ml, dengan persentase tereduksi sebesar 51,36%. Pengukuran kadar hemiselulosa, selulosa, dan lignin dilakukan menggunakan metoda gravimetri. Selain kadar hemiselulosa, selulosa, dan lignin dilakukan juga pengukuran kadar gula reduksi menggunakan metoda Nelson-Somogyi. Langkah kerja pengukuran hemiselulosa, selulosa, dan lignin dan pengukuran kadar gula reduksi menggunakan Nelson-Somogyi, prosedur kerja hemiselulosa, selulosa, dan lignin dan pengukuran kadar gula reduksi dilampirkan pada Lampiran 3 dan 4.

Selain data kadar hemiselulosa, selulosa, lignin, dan kadar gula reduksi, dilakukan pula pengujian kadar C-Organik eceng gondok. Pengukuran kadar C-Organik Eceng gondok dilakukan menggunakan metode Gravimetri, prosedur kerja Pengujian C-Organik dilampirkan pada Lampiran 1. Dari pengukuran C-Organik eceng gondok diperoleh data sebesar 46.23.

3.4.2 Penentuan Rasio C/N Eceng Gondok dan Kotoran sapi

Penentuan kadar rasio C/N dilakukan dengan menentukan kadar C dan N pada eceng gondok dan kotoran sapi. Pengujian rasio C/N ditujukan untuk mengetahui nilai C/N dari eceng gondok dan kotoran sapi untuk mengetahui komposisi campuran eceng gondok dan kotoran sapi agar tercapai nilai C/N rasio campuran berkisar antara 20-30. Biogas dapat terbentuk secara baik jika substrat memiliki rasio C/N sebesar 20-30 (Dioha, 2013). Penentuan kadar C dilakukan menggunakan metode Gravimetri, dan penentuan kadar N total dilakukan menggunakan metode Kjeldhal. Prosedur kerja dilampirkan pada Lampiran 1. Perhitungan rasio C/N pada komposisi campuran dilakukan secara matematis, menggunakan data C/N rasio eceng gondok dan C/N rasio kotoran sapi. Penentuan komposisi campuran diperoleh dari hasil perhitungan rasio C/N, hingga diperoleh rasio C/N antara 20-30.

3.4.3 Komposisi Campuran

Komposisi campuran eceng gondok dengan kotoran sapi diperoleh dari hasil perhitungan rasio C/N. Perhitungan dilakukan untuk memastikan C/N optimum yang digunakan pada campuran tersebut. Komposisi campuran bertujuan untuk meningkatkan hasil biogas, serta meningkatkan mikroorganisme pengolah lignoselulosa. Komposisi campuran eceng gondok : Kotoran sapi yang digunakan adalah 90:10; 70:30; dan 50:50. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Yusuf and Ify (2011) pembentukan biogas dengan mencampurkan kotoran dapat menghasilkan biogas lebih besar dan dapat membantu pengolahan bahan utamanya. Penentuan rasio campuran yang digunakan berdasarkan pengembangan dari penelitian yang dilakukan oleh Yonathan dkk. (2013) yang menghasilkan biogas sebanyak 1162,97 mL dari 543,25g dengan rasio campuran eceng gondok kotoran sapi 44% : 56% atau 2:2,5.

Pencampuran dengan komposisi 90:10; 70:30; 50:50 menggunakan rasio berat/berat. Rasio campuran 90:10; dengan total solid 10% digunakan 0,693 kg eceng gondok dan pada total solid 30% 2,079 kg eceng gondok. Pada rasio campuran 70:30; dengan total solid 10% 0,539 kg eceng gondok dan pada total solid 30% 1,617 kg eceng gondok. Pada rasio 50:50; dengan total solid 10% 0,385

Kg eceng gondok dan pada total solid 30% 1,155 kg eceng gondok. Total eceng gondok yang digunakan pada penelitian ini sebanyak 51,744 kg. Eceng gondok yang digunakan dalam pencampuran merupakan eceng gondok yang telah dicacah, diblender dan telah dihidrolisis menggunakan H_2SO_4 5% dengan waktu 60 menit. Kotoran sapi yang digunakan berasal dari rumah potong hewan Pegirian Surabaya.

3.4.4 Total Solid 10% dan 30%

Total solid atau total padatan yang memiliki nilai perbandingan berat/berat (v/v). Perbandingan berat/berat antara padatan dan cairan yang digunakan pada proses anaerobik. Total solid memiliki tiga jenis yaitu *low solid*, *medium solid*, dan *high solid*. Rasio masing-masing jenis total solid yaitu kurang dari 10% untuk *low solid*, 15-30% untuk *medium solid*, dan 22-40% untuk *high solid* (Monnet, 2003). Penelitian yang dilakukan oleh Astuti (2013) menunjukkan bahwa dihasilkan 176,33 mL biogas dengan total solid 30%.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Soeroso *et al.* (2013) menunjukkan bahwa total solid dapat meningkatkan produksi biogas. Dalam penelitiannya diperoleh kesimpulan bahwa pengadukan dapat memperpanjang masa produksi biogas hingga 5-6 hari.

3.5 Analisa Data

Pengukuran yang dilakukan dalam penelitian ini adalah analisis lignin, selulosa, hemiselulosa, C (karbon), N (Nitrogen), pH, gula reduksi setelah dilakukan hidrolisis, Total Solid, *Volatil Solid*, volume gas yang dihasilkan, dan komposisi gas yang dihasilkan. Pengukuran dilakukan untuk mengetahui pengaruh parameter terhadap kadar gas metan yang terbentuk. Pengukuran kadar C dan N dilakukan untuk mengetahui komposisi optimum supaya diperoleh rasio C/N optimum. Prosedur analisis pengukuran C, dan N dapat dilihat pada Lampiran 1. Setiap parameter yang diukur menggunakan berbagai metode yang dapat dilihat pada Tabel 3.3.

Hasil yang diperoleh pada penelitian ini yaitu rasio C/N eceng gondok, dan kotoran sapi; kadar lignin, selulosa, hemiselulosa sebelum hidrolisis dan

setelah hidrolisis; pH reaktor selama proses metanogenesis, Total solid selama Proses metanogenesis, Volatil Solid selama proses metanogenesis, suhu selama proses metanogenesis, volume gas yang dihasilkan selama proses metanogenesis, dan komposisi gas yang terbentuk. Pembahasan penelitian akan menganalisis kadar lignoselulosa yang terdegradasi, dengan faktor Total solid dan rasio campuran terhadap biogas yang terbentuk. Analisis data menggunakan *Anova* guna mengambil kesimpulan dan mengetahui nilai optimum terhadap berbagai variabel yang digunakan.

Tabel 3.3 Metode Analisis

Parameter	Waktu Sampling	Metode Analisis
C-organik (Volatil Solid)	Awal Penelitian	Gravimetri
N-organik	Awal Penelitian	Metode Semi Mikro Kjeldahl
Lignin, Selulosa, dan Hemiselulosa	Penelitian Pendahuluan	Chesson-Datta
Gula Reduksi	Penelitian pendahuluan	Nelson-Somogyi
Total Solid	selama proses oprasi reaktor setiap 3 hari sekali	Gravimetri
pH	Setelah proses hidrolisis, dan selama proses oprasi reaktor setiap hari sekali	pH Indikator
Suhu	selama proses oprasi reaktor setiap hari sekali	Termometer
Kadas Biogas	Setiap hari sekali selama proses oprasi reaktor	Gas Chromatography

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Kondisi Operasi

Kondisi operasi seperti rasio C/N, pH, suhu, TS dan VS, sangat berpengaruh terhadap pembentukan gas CH₄ yang dihasilkan. Pengamatan mengenai kondisi operasi seperti pH dan suhu dilakukan setiap hari. Pengamatan TS dan VS dilakukan setiap 6 hari sekali hingga hari ke 30.

4.1.1 Rasio C/N Bahan Baku dan Reaktor

Perhitungan rasio C/N dilakukan pada hari pertama penelitian dan hari terakhir penelitian. Pengukuran kadar gas CH₄ yang dilakukan dengan menggunakan GC pada hari ke 15 dan 30. Sebelum dilakukan proses pencampuran bahan pada reaktor, dilakukan perhitungan rasio C/N awal pada masing-masing bahan yang digunakan. Bahan baku yang memiliki rasio C/N kurang atau lebih dari 20-30 dapat mengurangi kemampuan serta aktivitas enzimatik mikroorganisme dalam proses pembentukan biogas. Kadar C-organik, N-Total, dan rasio C/N bahan baku dipaparkan pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Karakteristik Eceng gondok dan Kotoran sapi

Parameter	Eceng Gondok	Kotoran Sapi
Kadar Air (%)	90.3	-
Massa Jenis (mg/ml)	1.41	1.37
C Organik	46.23	53.17
N Total	4.46	2.83
C/N	10.36	18.79

Pada penelitian ini diketahui kadar C-organik eceng gondok dan kotoran sapi sebesar 46.23 dan 53.17, kadar N-Total eceng gondok dan kotoran sapi sebesar 4.46 dan 2.83, serta rasio C/N eceng gondok dan kotoran sapi sebesar 10.36 dan 18.79. Kadar C-organik dan N-total sangat berpengaruh dalam proses

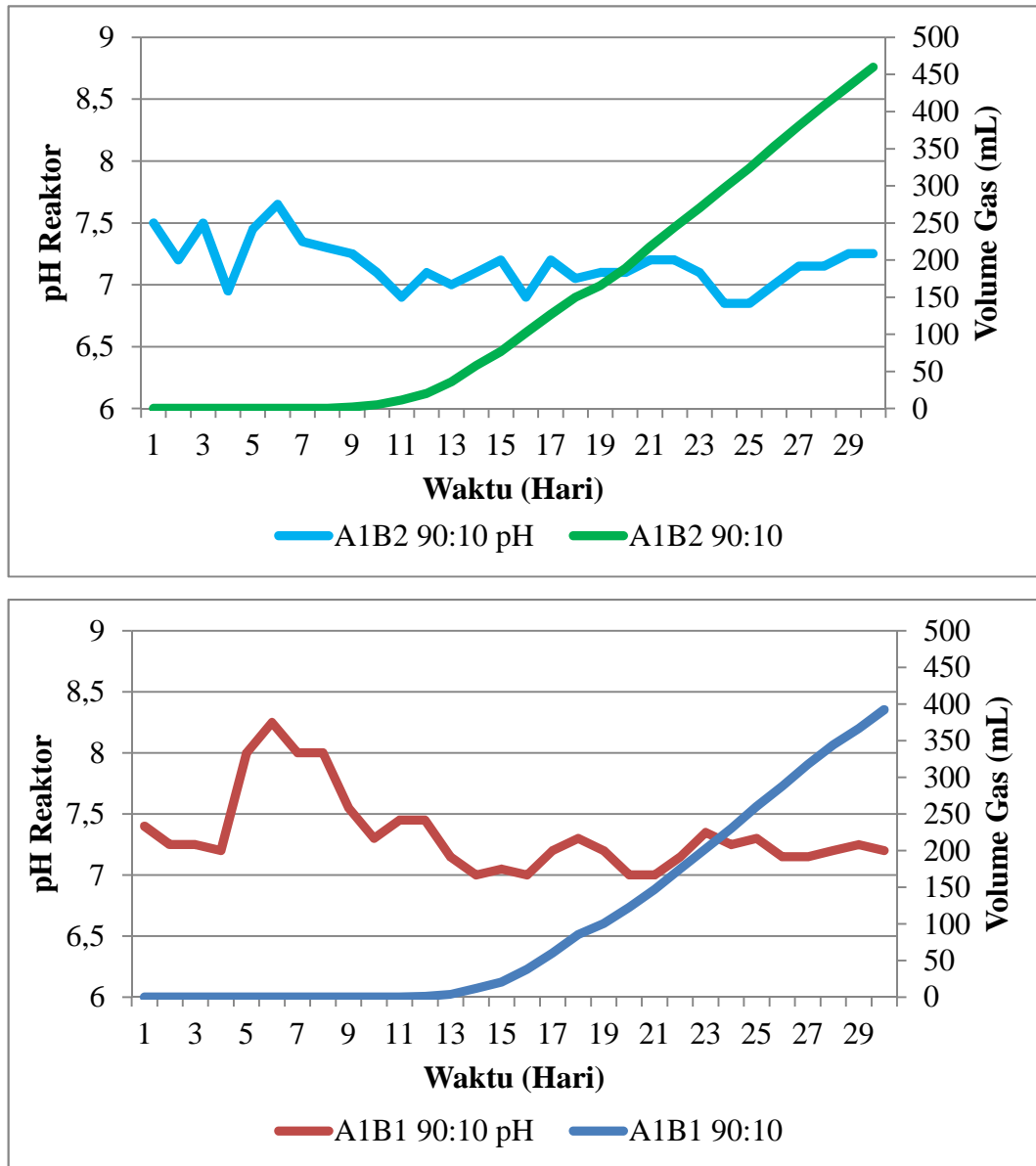
pembentukan biogas. Kadar C-organik yang terlalu tinggi dapat menurunkan produksi gas yang terbentuk, serta apabila kadar N-organik terlalu tinggi maka dapat memperlambat kerja mikroorganisme dalam proses pembentukan biogas (Amott, 1998). Rasio C/N eceng gondok yang digunakan sangat jauh dari rasio C/N optimum yang diperlukan pada pembentukan biogas. Rasio C/N optimum dapat dicapai dengan menambahkan ^{bahan} campuran yang memiliki rasio C/N lebih tinggi. Pada penelitian ini ditambahkan kotoran sapi yang memiliki rasio C/N 18.79. Kotoran sapi diperoleh dari Rumah Potong Hewan Pegirian Surabaya.

4.1.2 Data Hasil Pengamatan pH Reaktor

Pada penelitian ini pH sangat mempengaruhi pembentukan biogas. Menurut Igoni *et al.* (2008) pH sangat mempengaruhi pembentukan biogas, dimana pH dalam digester harus dijaga pada kisaran 6,8-7,2. Menurut Veeken *et al.* (2000), proses *anaerobic digestion* berlangsung pada kisaran pH 6-8 dengan pH optimum ± 7 . Igoni *et al.* (2008), Liu *et al.* (2008) menyatakan bahwa pH optimum dalam *anaerobic digestion* terutama pada tahap metanogenesis adalah ± 7 . Pada Gambar 4.1 memperlihatkan nilai pH pada pembentukan gas yang dihasilkan selama 30 hari. Kresnawaty *et al.*, (2008) menyatakan bahwa di awal reaksi pembentukan biogas, bakteri penghasil asam akan aktif lebih dulu sehingga pH pada digester menjadi rendah, kemudian bakteri metanogen menggunakan asam tersebut sebagai substrat sehingga menurunkan nilai pH. Selain akibat dari pembentukan asam oleh bakteri, penurunan pH juga diakibatkan oleh terbentuknya asam organik dari hasil fermentasi. Pada Gambar 4.1, 4.2, dan 4.3 terlihat bahwa pada reaktor dengan perlakuan pretreatment pada hari ke 5-6 terjadi kenaikan nilai pH. Hal ini yang diperkirakan penyebab terlambatnya pembentukan gas pada reaktor yang diberi perlakuan pretreatment.

Kenaikan pH yang terjadi pada reaktor dengan pretreatment, hal ini diperkirakan akibat penambahan padatan NaOH yang tersisa dan belum bereaksi dengan H_2SO_4 . Diperkirakan pula peningkatan pH terjadi akibat penambahan NaOH berlebih saat dilakukan pengukuran netralisasi pH. Pengaruh pH dari kotoran sapi yang cenderung asam (5,9-6,9) juga dapat menjadi faktor lain

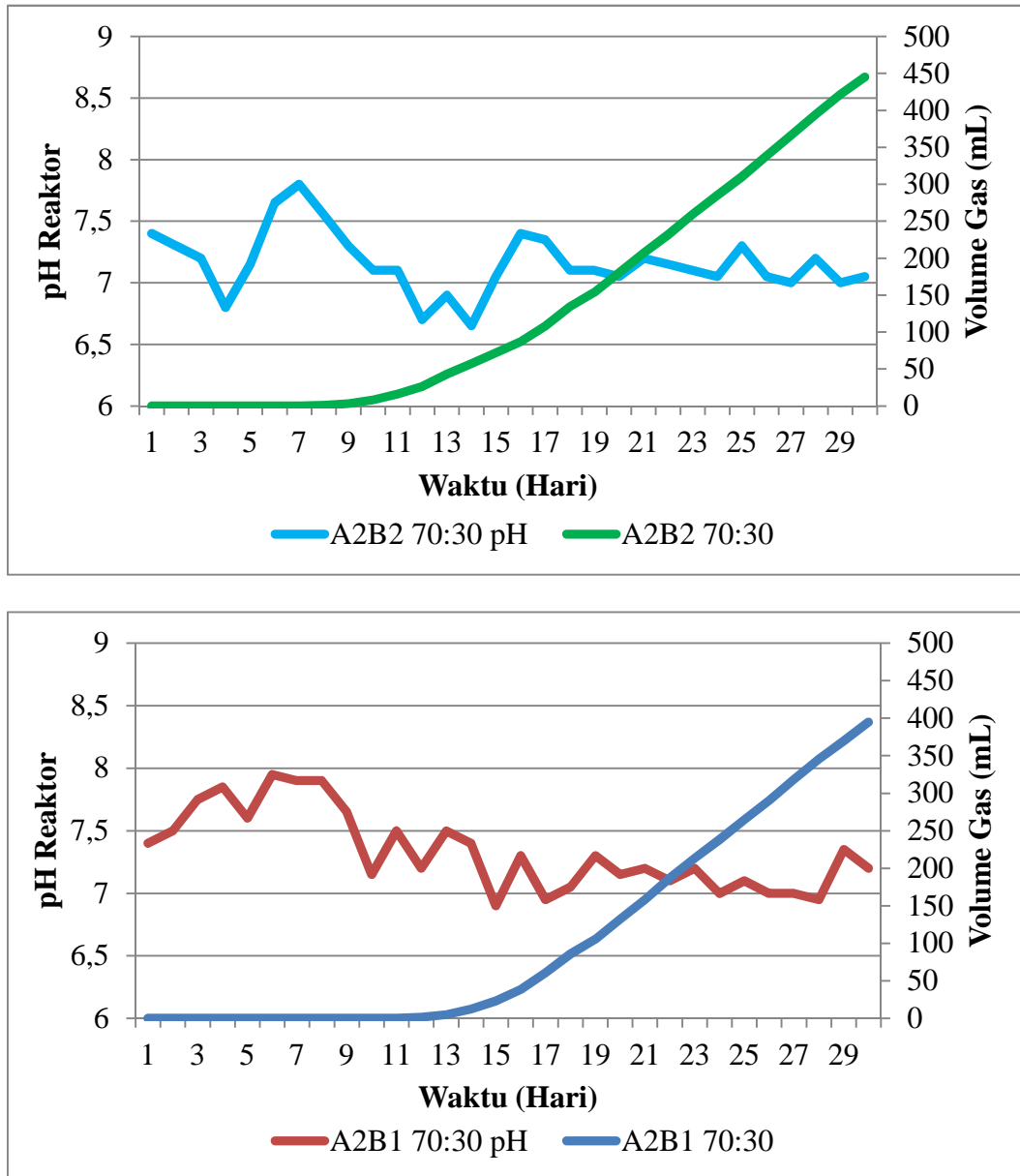
meningkatnya pH reaktor, sehingga penambahan NaOH yang dibutuhkan lebih banyak.



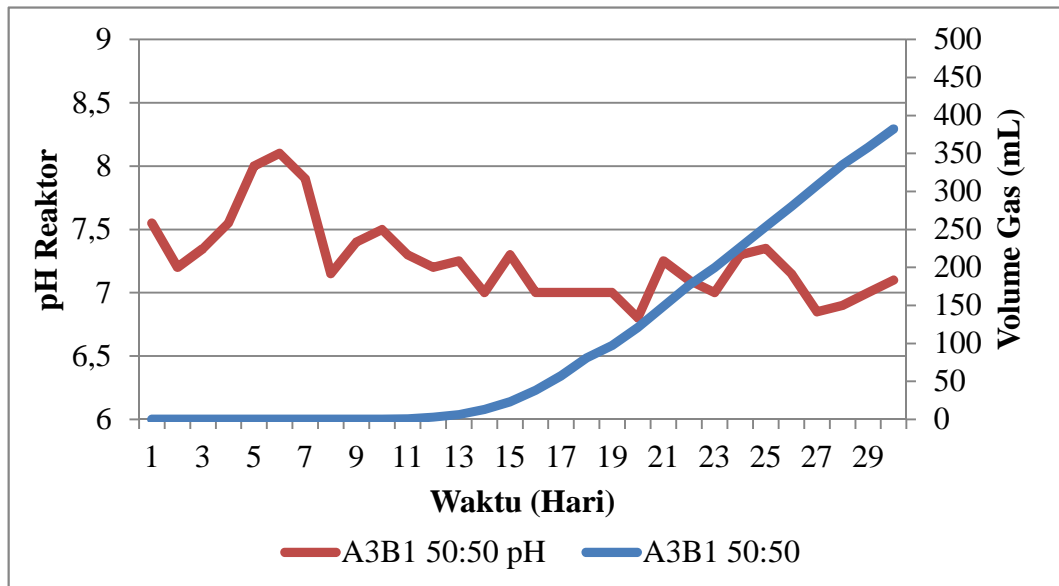
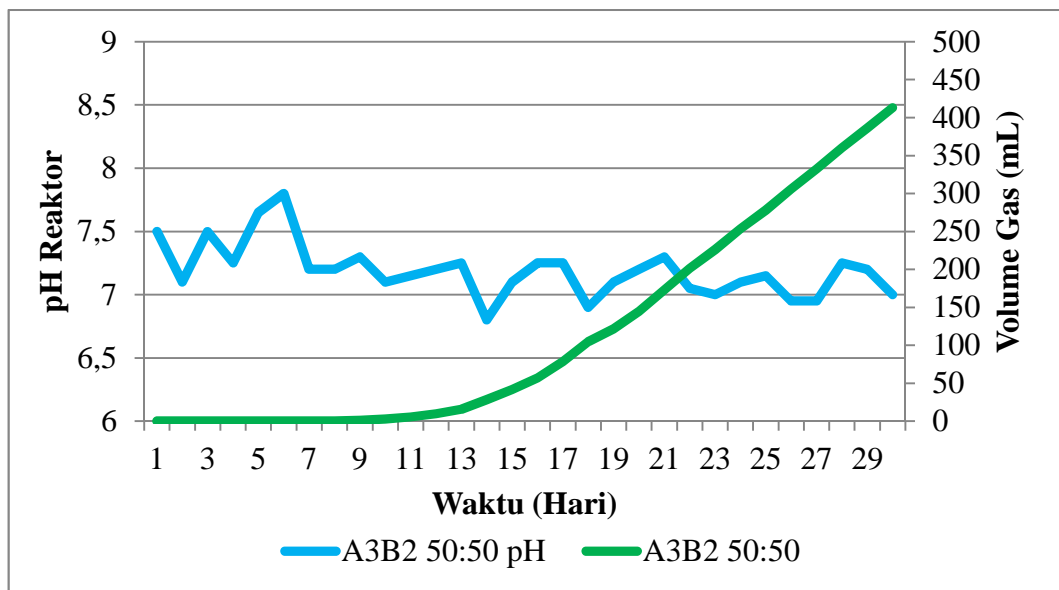
Gambar 4.1 Data Pengamatan pH Reaktor dengan Perlakuan Pretreatment Komposisi 90:10 (Atas: Total Solid 30%, Bawah: Total Solid 10%).

Kandungan asam organik pada kotoran sapi yang bereaksi dengan NaOH dapat membentuk larutan penyangga dengan pH cenderung basa. Kenaikan pH tersebut dapat mengakibatkan memperlambat pembentukan gas oleh bakteri. Seperti yang di utarakan oleh Igoni *et al.* (2008), pH dalam digester harus dijaga

pada kisaran 6,8 – 7,2, karena proses *anaerobic digestion* berlangsung dengan pH optimal ± 7 . Faktor lain yang mempengaruhi kenaikan nilai pH yaitu Kenaikan nilai pH reaktor menandakan pertumbuhan bakteri anaerobik mulai berkembang biak (Fry, 1974).



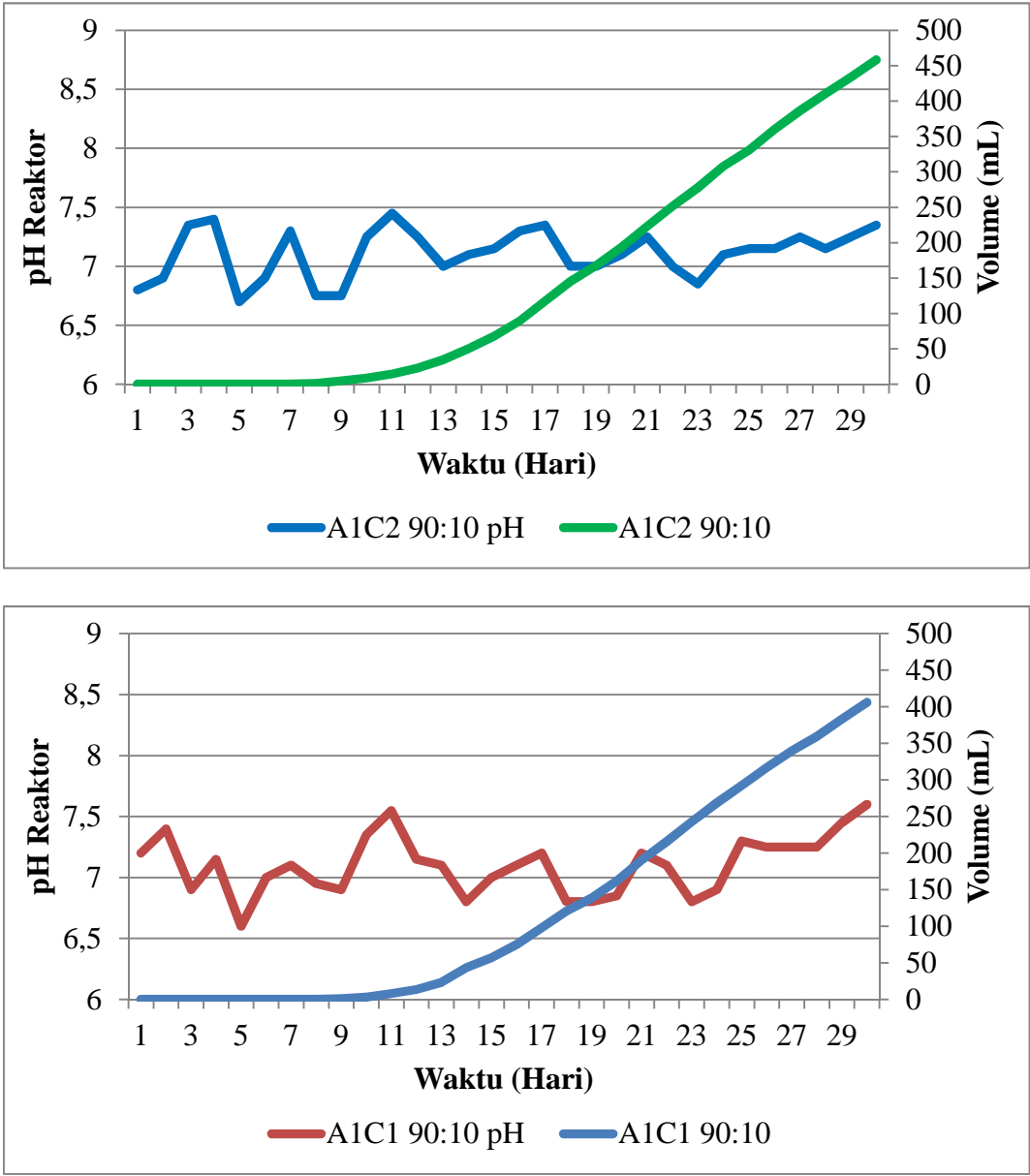
Gambar 4.2 Data Pengamatan pH Reaktor dengan Perlakuan Pretreatment Komposisi 70:30 (Atas: Total Solid 30%, Bawah: Total Solid 10%).



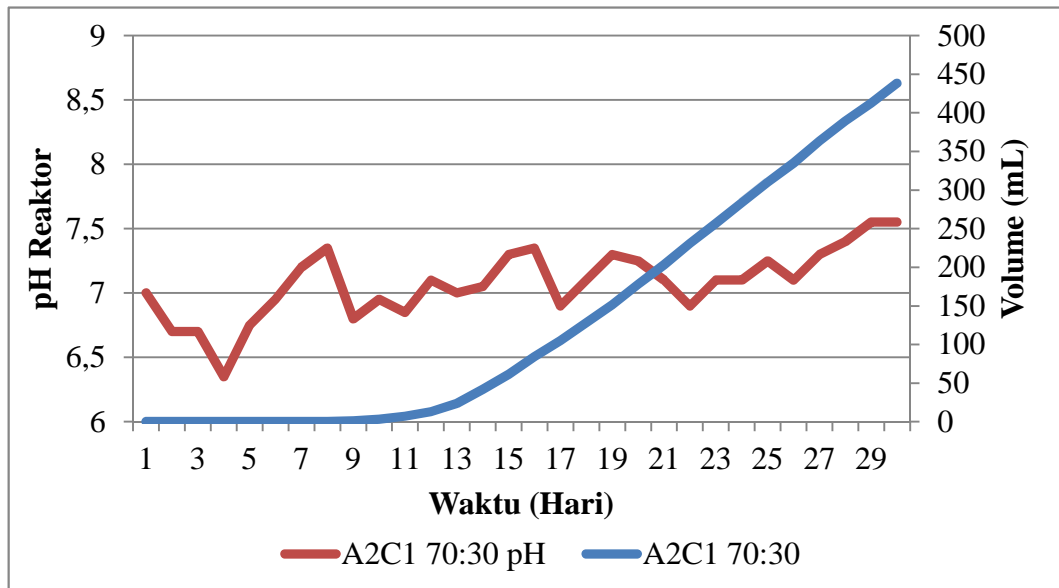
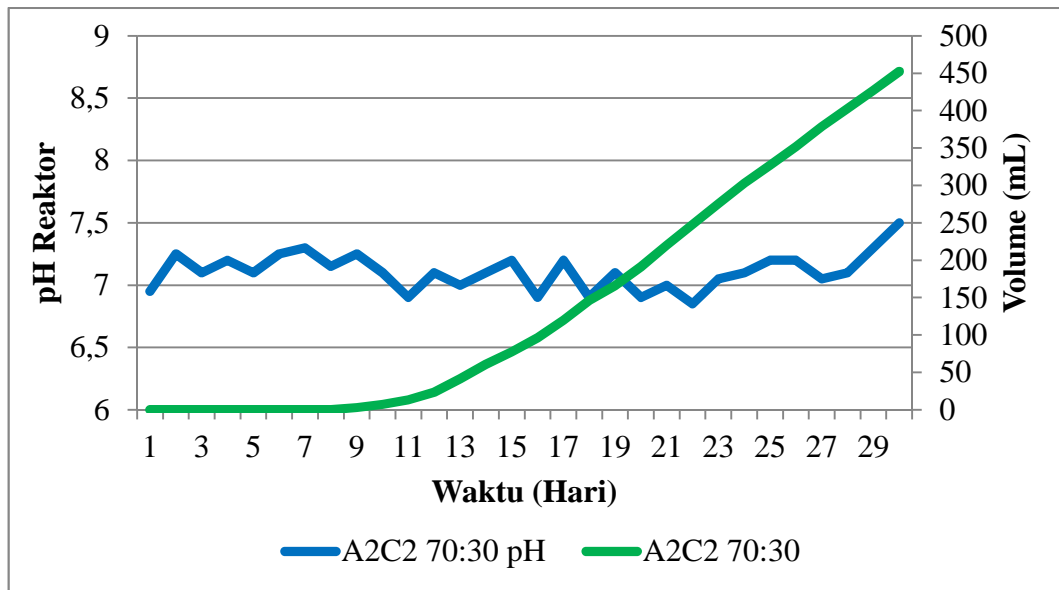
Gambar 4.3 Data Pengamatan pH Reaktor dengan Perlakuan Pretreatment Komposisi 50:50 (Atas: Total Solid 30%, Bawah: Total Solid 10%).

Berdasarkan Gambar 4.4, 4.5, dan 4.6 pH pada reaktor dengan tanpa pretreatment menunjukan pH yang lebih stabil, dimana tidak terjadi peningkatan pH hingga melebihi 8. Oleh sebab itu pada reaktor tanpa pretreatment pembentukan gas terjadi lebih awal dibandingkan reaktor dengan perlakuan pretreatment. Reaktor dengan pretreatment, gas yang dihasilkan cenderung

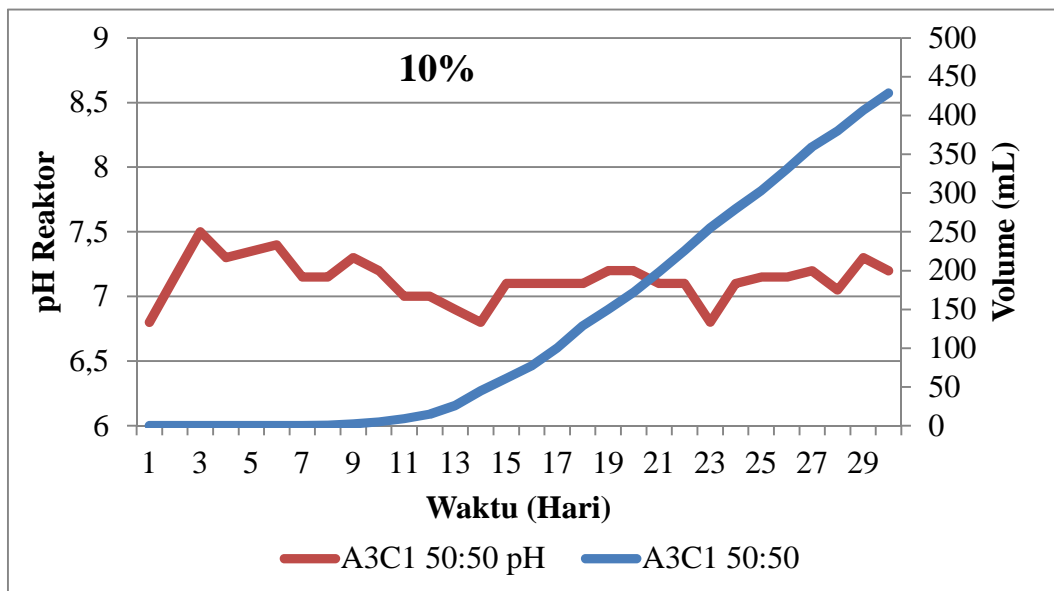
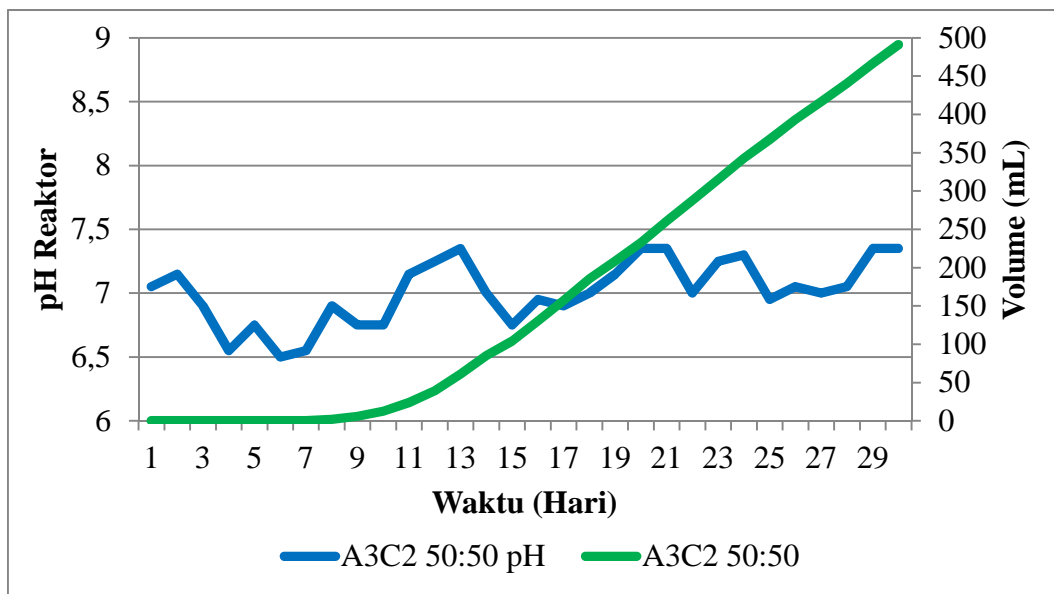
terbentuk pada hari ke 11. Sedangkan pada reaktor dengan tanpa pretreatment gas terbentuk pada hari ke 8.



Gambar 4.4 Data Pengamatan pH Reaktor Tanpa Perlakuan Pretreatment Komposisi 90:10 (Atas: Total Solid 30%, Bawah: Total Solid 10%).



Gambar 4.5 Data Pengamatan pH Reaktor Tanpa Perlakuan Pretreatment Komposisi 70:30 (Atas: Total Solid 30%, Bawah: Total Solid 10%).



Gambar 4.6 Data Pengamatan pH Reaktor Tanpa Perlakuan Pretreatment Komposisi 50:50 (Atas: Total Solid 30%, Bawah: Total Solid 10%).

Terjadi peningkatan pH pada reaktor dengan pretreatment. Hal ini mengakibatkan keterlambatan pembentukan gas pada reaktor dengan total solid 10% pada perlakuan pretreatment. Sedangkan pada total solid 30% pembentukan gas terjadi pada hari ke 7. Penurunan pH menjelaskan bahwa substrat masih dalam fase asidifikasi, dimana bakteri asetogenik mendominasi proses

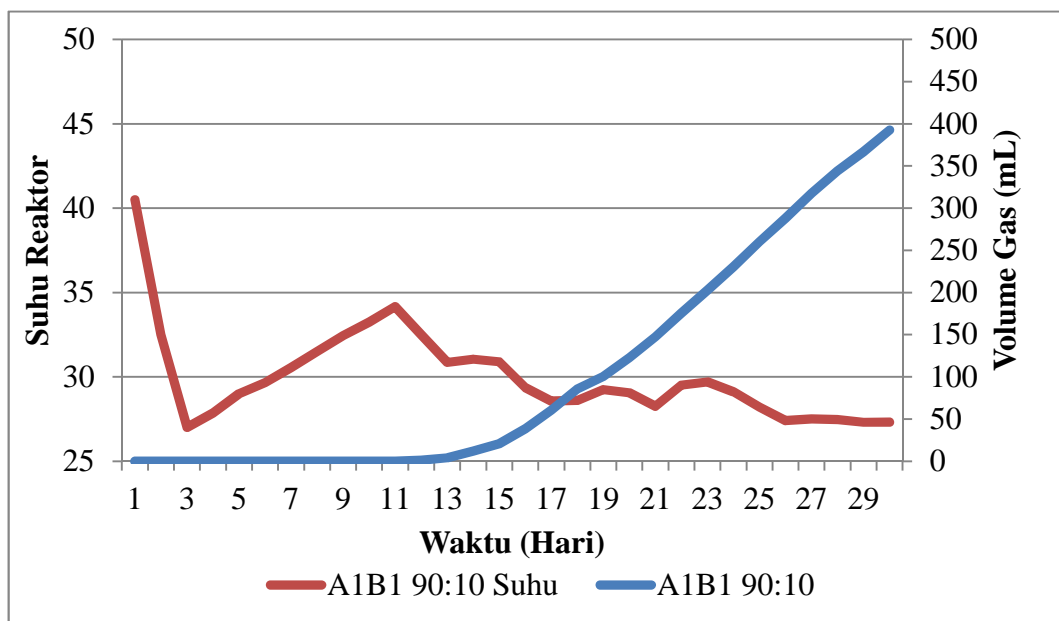
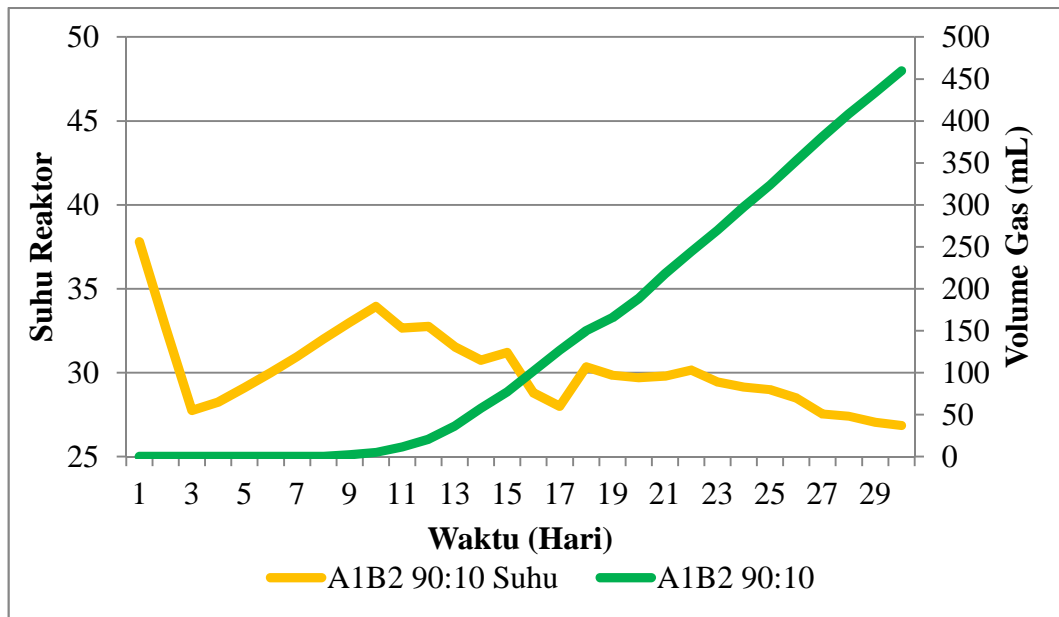
dekomposisi substrat. Walaupun demikian, biogas tetap terbentuk pada fase ini. Hal ini dapat dilihat pada peningkatan volume biogas secara signifikan dimulai hari ke 7. Gas metan mulai terbentuk pada fase ini, tetapi belum optimal.

Selain pengaruh pH senyawa, ion tertentu dalam substrat dapat bersifat racun, misalnya senyawa dengan konsentrasi berlebihan seperti ion Na^+ dan $\text{Ca}^+ > 8000 \text{ mg/L}$; $\text{K}^+ > 12000$; Mg^{2+} dan $\text{NH}_4^+ > 3000$. Sedangkan Cu, Ni dan Zn dalam konsentrasi rendah dapat menjadi racun bagi kehidupan bakteri anaerob (Bitton, 1999). Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Setyawati *et al.* (2015) menunjukkan jumlah logam Cu pada eceng gondok sebesar 0,927mg/kg eceng gondok. Pada proses penetralan dilakukan penambahan NaOH (Natrium Hidroksida) sebanyak $\pm 150,3\text{g}$ untuk total solid 10%, dan $\pm 225,3\text{g}$ untuk total solid 30%. Tujuan penambahan NaOH untuk penetralan setelah dilakukan proses pretreatment menggunakan asam. Dengan ditambahkan NaOH sebanyak $\pm 150,3\text{g}$ untuk total solid 10%, dan $\pm 225,3\text{g}$ untuk total solid 30% pH larutan secara teoritis sebesar 7,7 dan 7,6. Perhitungan pH larutan setelah proses netralisasi dapat dilihat pada Lampiran 8. Jika dilakukan penambahan 150,3g dan 225,324g, maka terdapat 150.300mg dan 225.324mg ion NaOH yang dimasukkan kedalam reaktor. Sehingga setiap liternya mengandung 15.713,18mg/L, dan 23.556,6mg/L. Kandungan Na^+ yang lebih besar dari 8000mg/L yang diperkirakan menghambat pertumbuhan bakteri pada reaktor yang diberi perlakuan *pretreatment*. Untuk mengurangi penggunaan Na^+ secara berlebih dapat dilakukan dengan cara mengurangi konsentrasi asam yang digunakan pada proses pretreatment.

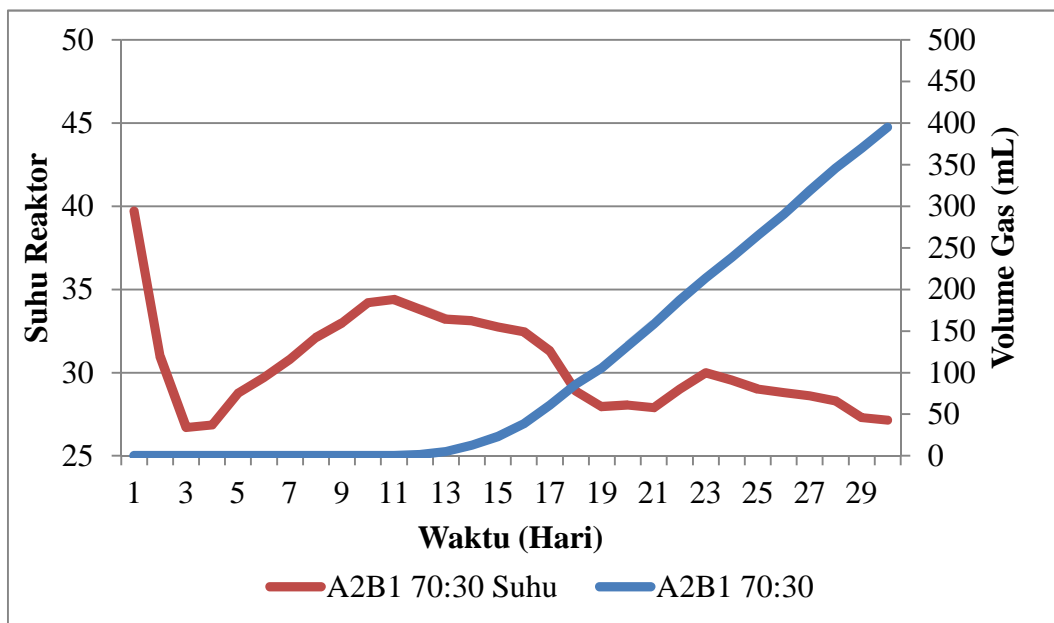
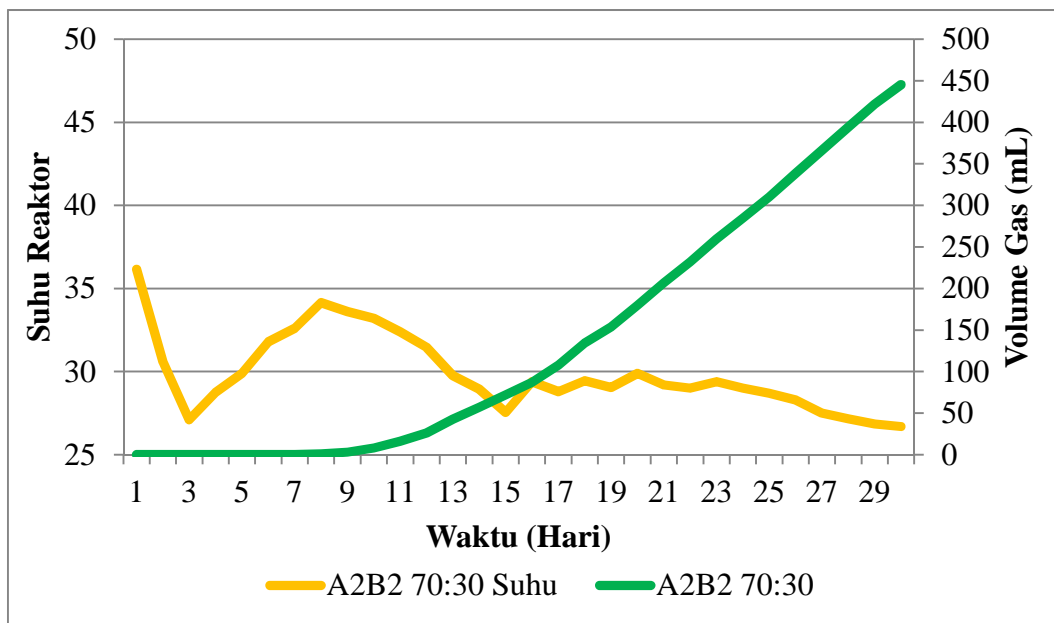
4.1.3 Data Hasil Pengamatan Suhu Reaktor

Faktor lain yang dapat mempengaruhi pembentukan gas metan adalah suhu. Pengukuran suhu dilakukan menggunakan termometer inframerah. Hal tersebut dilakukan guna mengurangi penggunaan lubang pada reaktor yang dapat memperbesar kemungkinan kebocoran reaktor. Data suhu pada pembentukan volume gas yang dihasilkan dipaparkan pada Gambar 4.7, 4.8, dan 4.9. Berdasarkan Gambar 4.7, 4.8, dan 4.9 pembentukan gas ditandai dengan naiknya suhu reaktor mendekati 35°C. Pada Gambar 4.7, 4.8, dan 4.9 suhu reaktor hari 1 sangat tinggi, hal ini diperkirakan akibat proses reaksi netralisasi NaOH terhadap

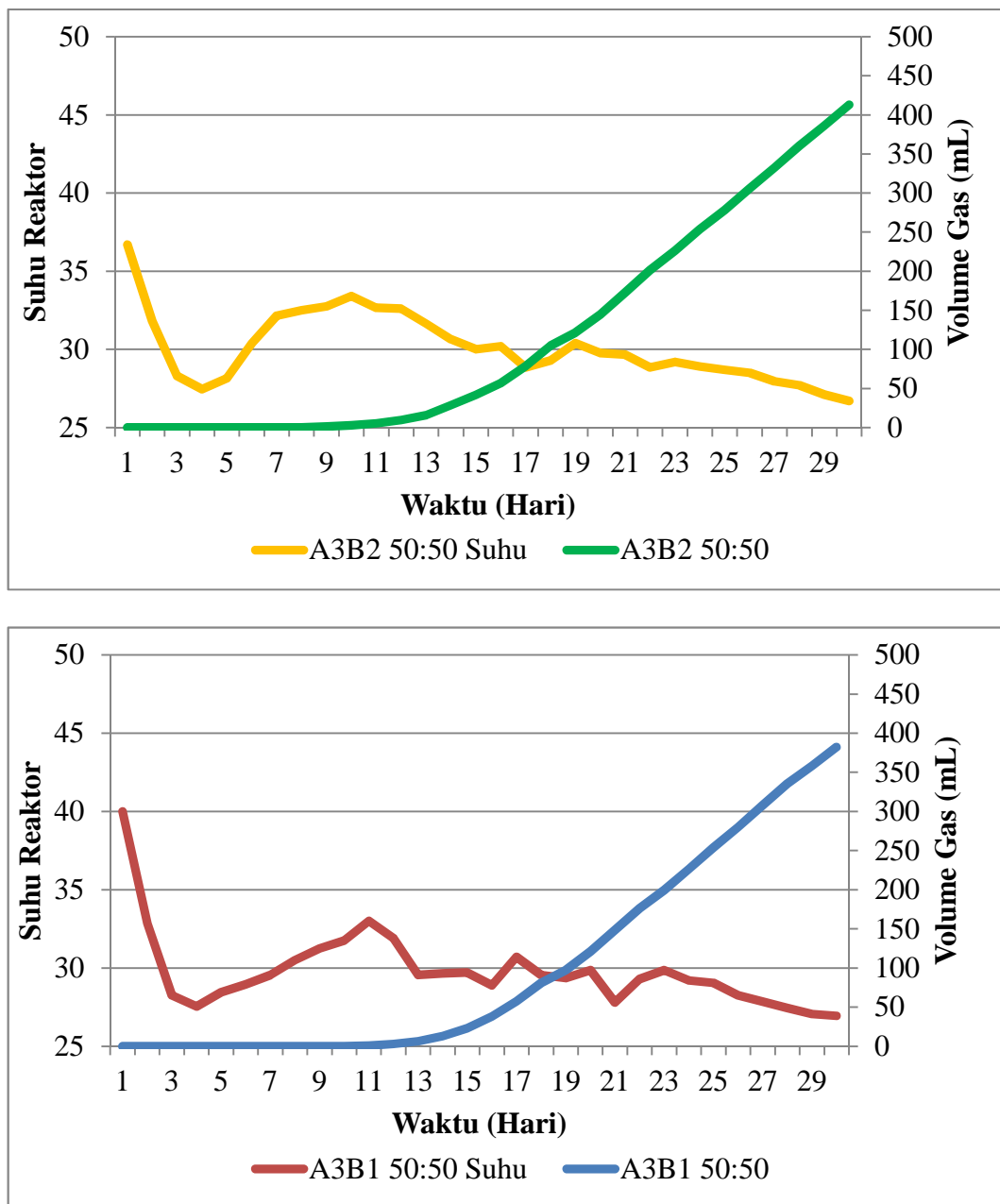
H₂SO₄ yang digunakan untuk menghidrolisis. Bakteri yang merombak gula menjadi biogas sebagian besar terdiri dari bakteri mesofilik. Bakteri mesofilik memiliki suhu optimum yaitu berkisar antara 37°C dan akan mengalami kematian jika suhu mencapai 57°C. Akan tetapi menurut penelitian yang dilakukan oleh Mujdalipah *et al.*(2014) menunjukkan bahwa suhu tidak berpengaruh banyak terhadap pembentukan biogas. Hal tersebut diperkuat oleh pendapat Gerardi (2003) yang menyatakan bahwa pada proses fermentasi anaerobik, reaksi yang terjadi selama degradasi bahan organik tidak memberikan pengaruh yang besar terhadap peningkatan suhu digester, karena energi yang dihasilkan oleh fermentasi anaerobik sangat kecil. Suhu berpengaruh terhadap proses perombakan anaerob bahan organik dan produksi gas. Suhu merupakan indikator penting pada proses pembentukan biogas.



Gambar 4.7 Data Pengamatan Suhu Reaktor dengan Perlakuan Pretreatment pada Komposisi 90:10 (Atas: Total Solid 30%, Bawah: Total Solid 10%).



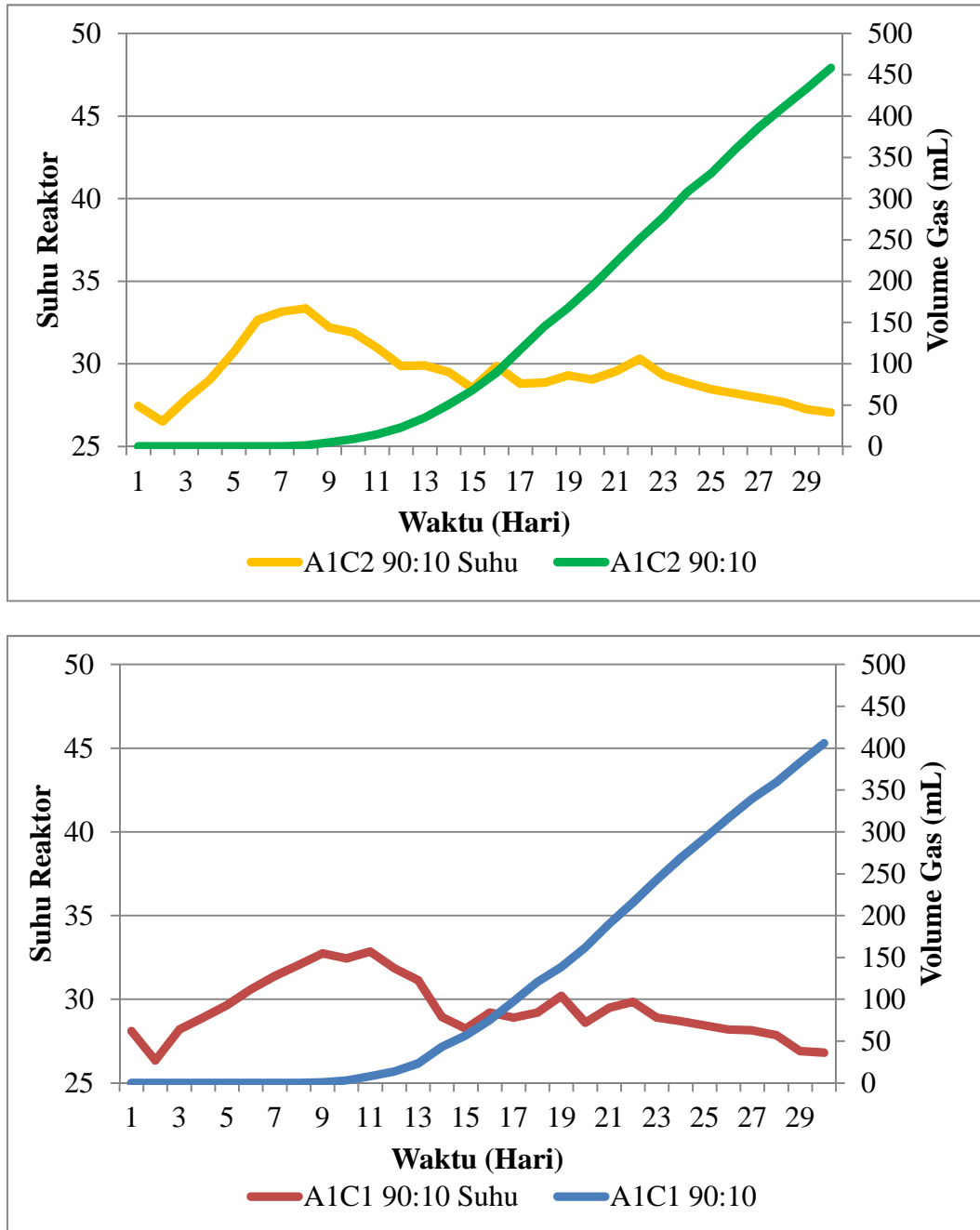
Gambar 4.8 Data Pengamatan Suhu Reaktor dengan Perlakuan Pretreatment pada Komposisi 70:30 (Atas: Total Solid 30%, Bawah: Total Solid 10%).



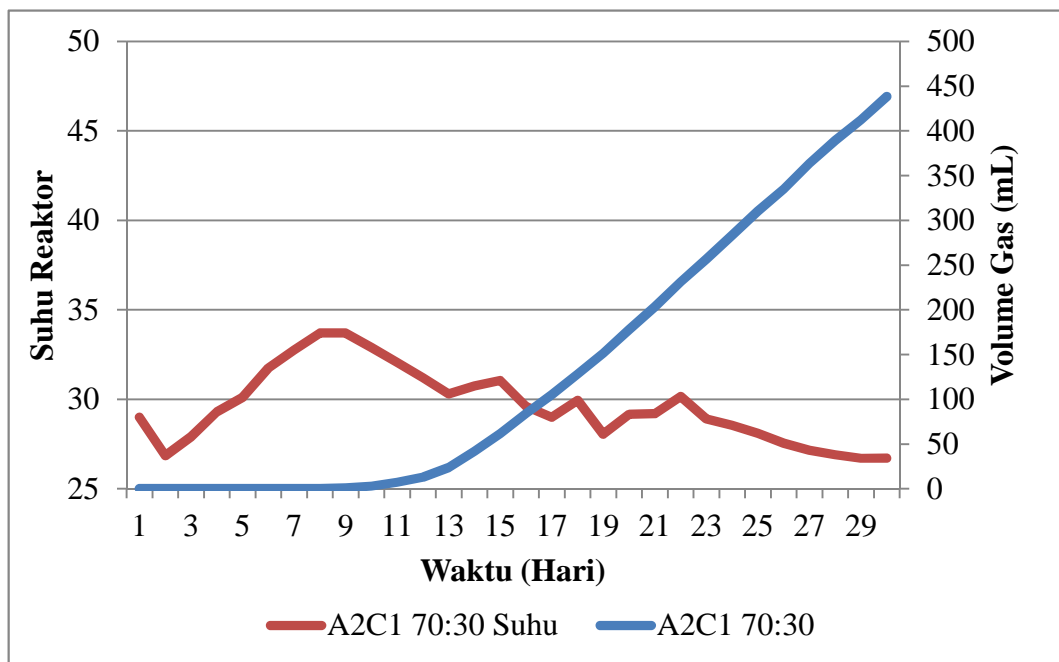
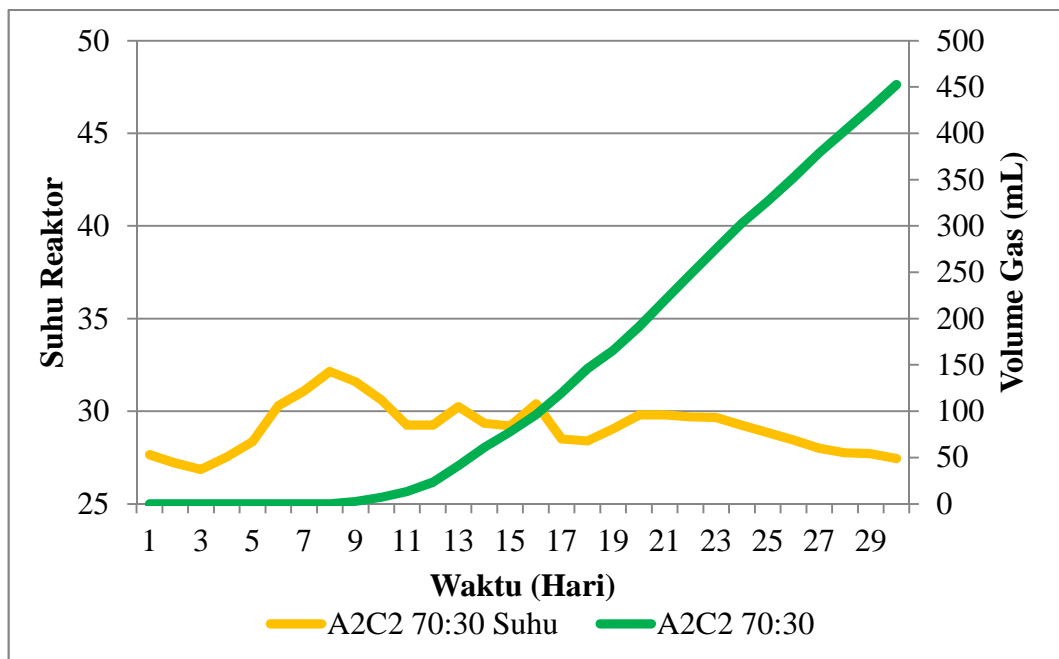
Gambar 4.9 Data Pengamatan Suhu Reaktor dengan Perlakuan Pretreatment pada Komposisi 50:50 (Atas: Total Solid 30%, Bawah: Total Solid 10%).

Perubahan suhu merupakan parameter yang menunjukkan terjadinya reaksi dan degradasi substrat di dalam reaktor. Proses degradasi tersebut berupa penguraian suatu senyawa dan proses tersebut ditunjukkan dengan adanya perubahan suhu. Pada kondisi mesofilik (25-40°C), perombakan berlangsung baik dan terjadi percepatan proses perombakan dengan kenaikan suhu, serta kondisi

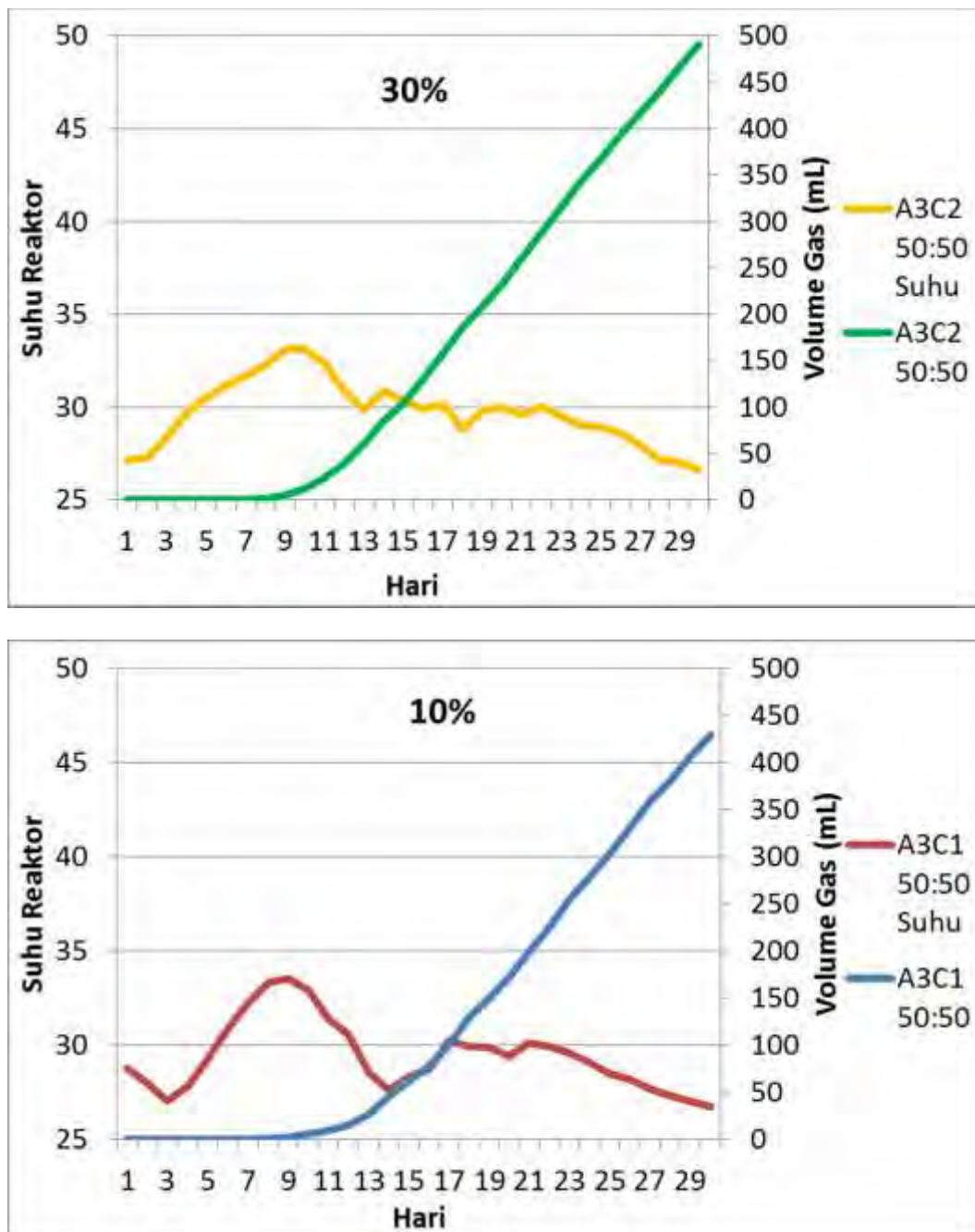
termofilik (45-65°C), untuk bakteri mesofilik dengan perombakan optimal pada 37°C (NAS 1981, Bitton 1999).



Gambar 4.10 Data Pengamatan Suhu Reaktor Tanpa Perlakuan Pretreatment pada Komposisi 90:10 (Atas: Total Solid 30%, Bawah: Total Solid 10%).



Gambar 4.11 Data Pengamatan Suhu Reaktor Tanpa Perlakuan Pretreatment pada Komposisi 70:30 (Atas: Total Solid 30%, Bawah: Total Solid 10%).



Gambar 4.12 Data Pengamatan Suhu Reaktor Tanpa Perlakuan Pretreatment pada Komposisi 50:50 (Atas: Total Solid 30%, Bawah: Total Solid 10%).

Berdasarkan gambar 4.10, 4.11 dan 4.12 suhu pada reaktor tanpa perlakuan pretreatment cenderung lebih rendah dibandingkan dengan reaktor dengan perlakuan pretreatment. peningkatan suhu reaktor pada reaktor dengan perlakuan pretreatment diperkirakan akibat reaksi netralisasi asam basa yang

berlangsung secara eksoterm. Reaksi eksoterm merupakan reaksi yang disertai dengan adanya perpindahan kalor dari sistem kearah luar sistem. Hal tersebut yang diperkirakan meningkatkan suhu reaktor dengan perlakuan pretreatment.

4.1.4 Data Hasil Pengamatan TS dan VS Reaktor

Total solid (TS) merupakan komponen padatan dan volatil solid (VS) dalam penelitian ini mewakili kandungan senyawa organik yang dapat didegradasi oleh bakteri anaerobik. Sehingga berdasarkan data TS dan VS dapat diketahui terbentuk atau tidaknya gas pada penelitian ini. Pengukuran TS dan VS dilakukan setiap 6 hari sekali. Data pengamatan TS dan VS dengan pretreatment dan tanpa pretreatment dapat dilihat pada Tabel 4.2 dan 4.3.

Berdasarkan data penurunan TS dan VS dapat mewakili seberapa banyak komponen organik yang terkonversi menjadi gas. Reduksi TS dan VS disebabkan akibat perombakan bahan organik oleh aktivitas mikroorganisme (Ratnaningsih, 2009). Data pengamatan nilai TS dan VS disajikan pada Tabel 4.2 dan 4.3.

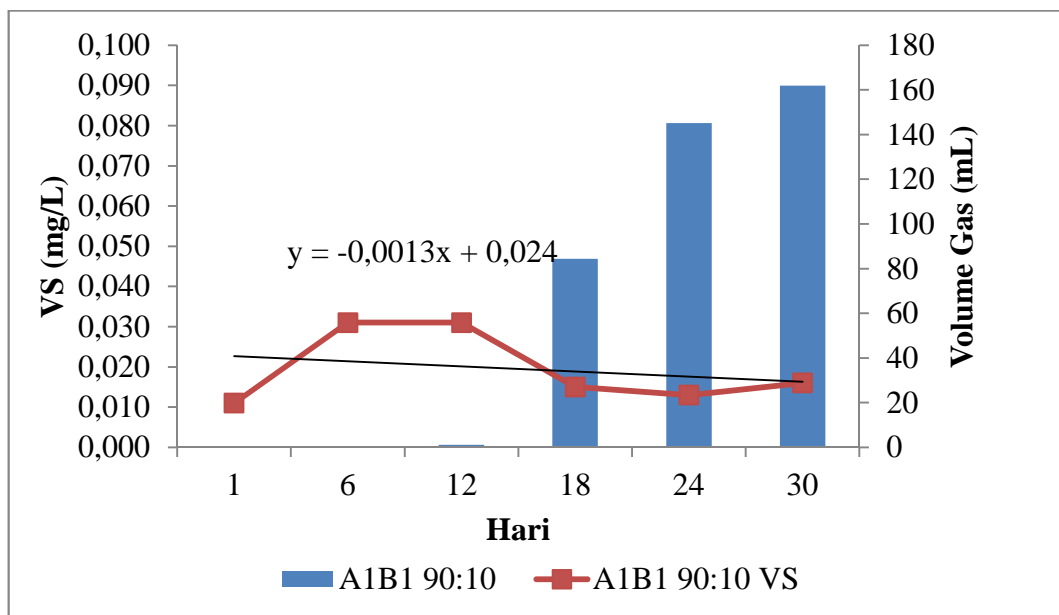
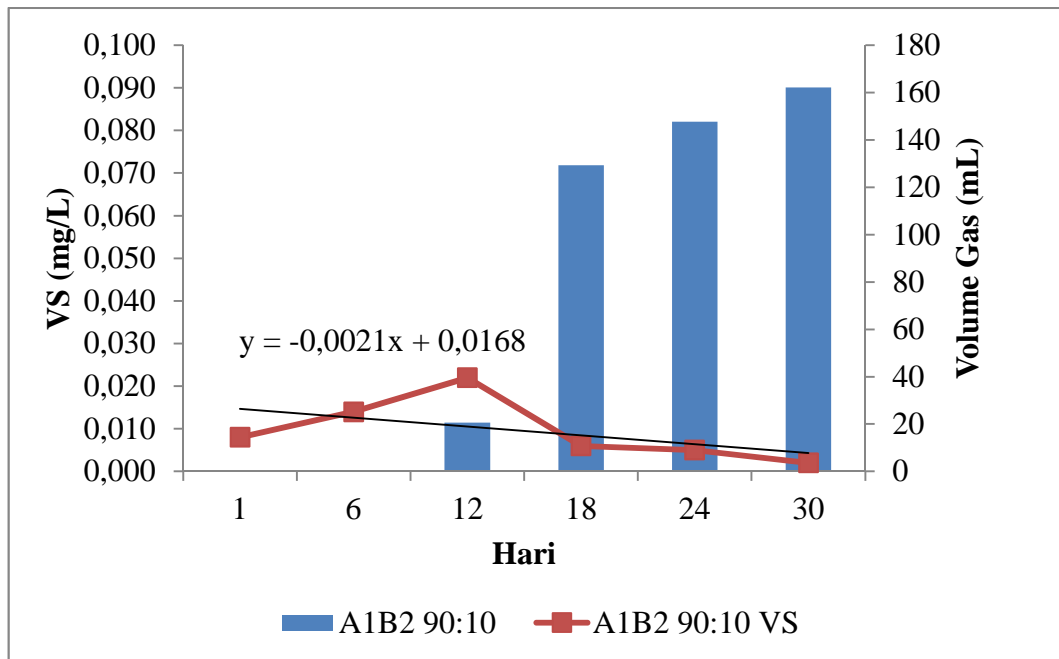
Tabel 4.2 Data Pengamatan TS pada Reaktor

Perlakuan	Reaktor	Data Pengamatan TS (mg/L)					
		Hari					
		1	6	12	18	24	30
Dengan Pretreatment	A1B1 90:10	0,068	0,096	0,095	0,063	0,066	0,081
	A2B1 70:30	0,076	0,068	0,073	0,112	0,109	0,131
	A3B1 50:50	0,005	0,013	0,012	0,014	0,014	0,011
	A1B2 90:10	0,012	0,019	0,032	0,023	0,031	0,017
	A2B2 70:30	0,072	0,067	0,06	0,063	0,11	0,119
	A3B2 50:50	0,083	0,095	0,145	0,14	0,12	0,158
Tanpa Pretreatment	A1C1 90:10	0,008	0,019	0,019	0,022	0,015	0,014
	A2C1 70:30	0,012	0,023	0,027	0,026	0,027	0,023
	A3C1 50:50	0,076	0,151	0,095	0,108	0,081	0,098
	A1C2 90:10	0,077	0,048	0,105	0,144	0,128	0,113
	A2C2 70:30	0,012	0,021	0,033	0,02	0,019	0,022
	A3C2 50:50	0,017	0,035	0,049	0,044	0,042	0,073

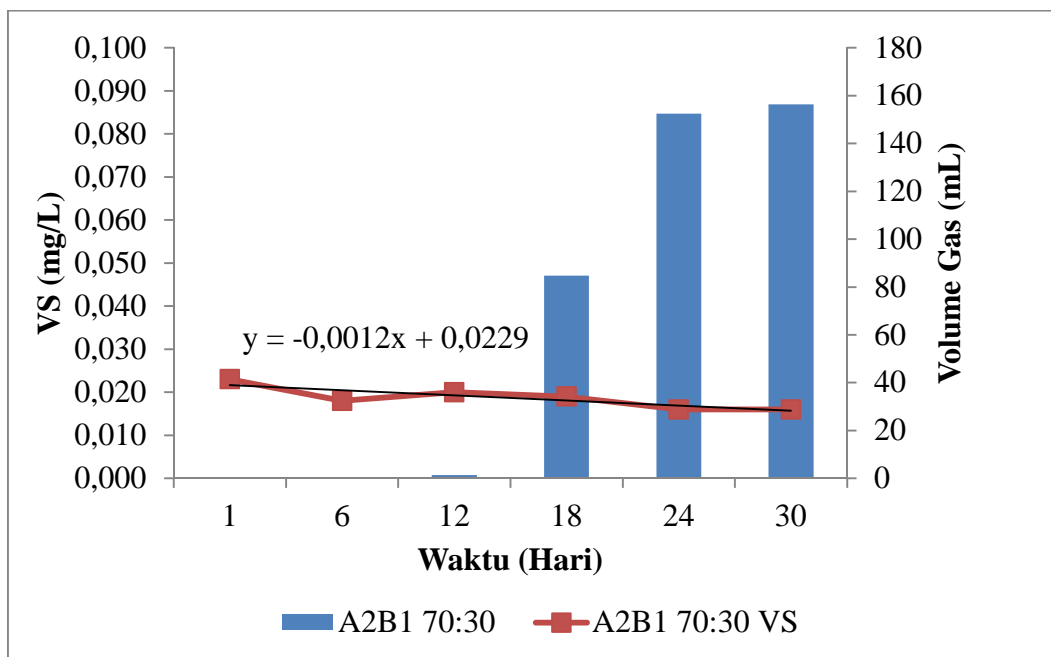
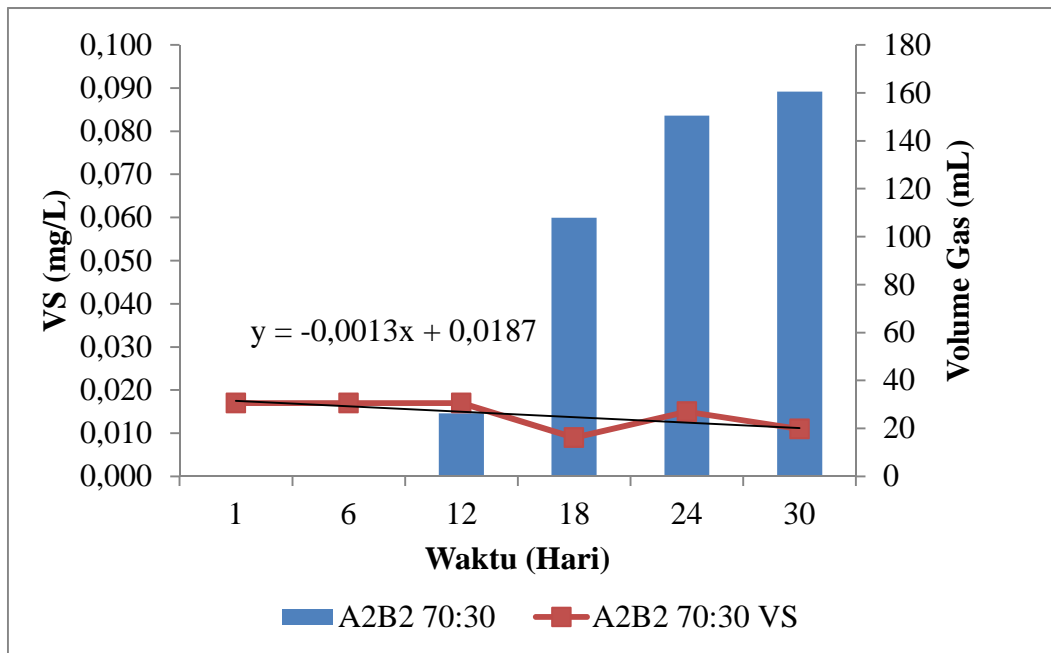
Tabel 4.3 Data Pengamatan VS pada Reaktor

Perlakuan	Reaktor	Data Pengamatan VS (mg/L)					
		Hari					
		1	6	12	18	24	30
Dengan Pretreatment	A1B1 90:10	0,011	0,031	0,031	0,015	0,013	0,016
	A2B1 70:30	0,023	0,018	0,020	0,019	0,016	0,016
	A3B1 50:50	0,004	0,011	0,010	0,001	0,006	0,006
	A1B2 90:10	0,008	0,014	0,022	0,006	0,005	0,002
	A2B2 70:30	0,017	0,017	0,017	0,009	0,015	0,011
	A3B2 50:50	0,016	0,025	0,048	0,036	0,031	0,030
Tanpa Pretreatment	A1C1 90:10	0,006	0,015	0,016	0,005	0,002	0,002
	A2C1 70:30	0,009	0,016	0,019	0,009	0,007	0,004
	A3C1 50:50	0,016	0,031	0,030	0,026	0,023	0,020
	A1C2 90:10	0,023	0,019	0,038	0,040	0,037	0,035
	A2C2 70:30	0,009	0,013	0,023	0,004	0,003	0,002
	A3C2 50:50	0,011	0,026	0,037	0,019	0,014	0,008

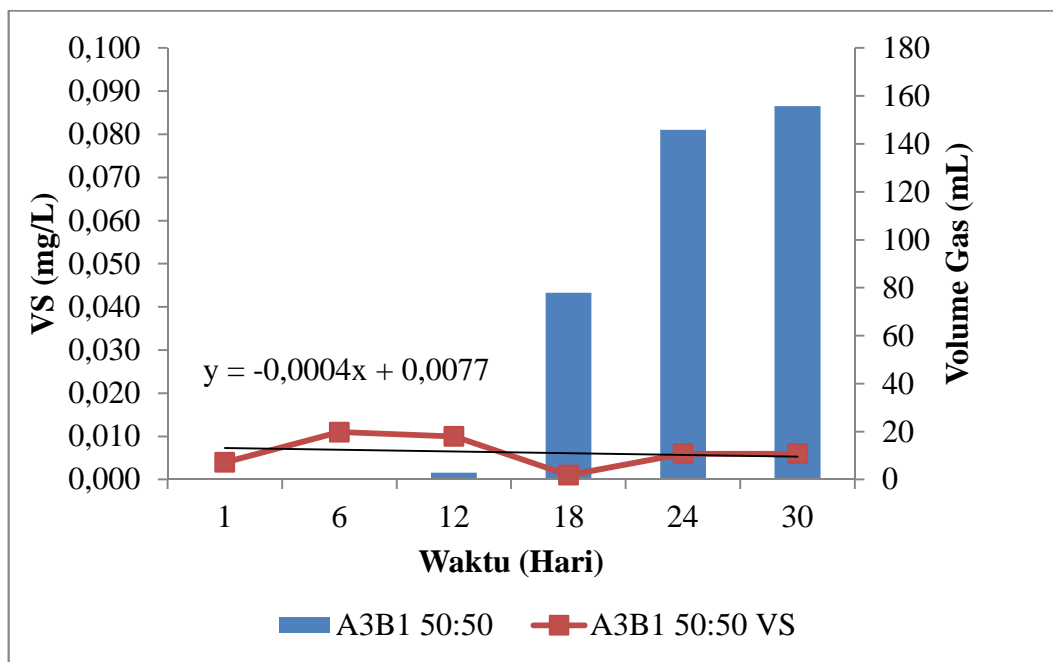
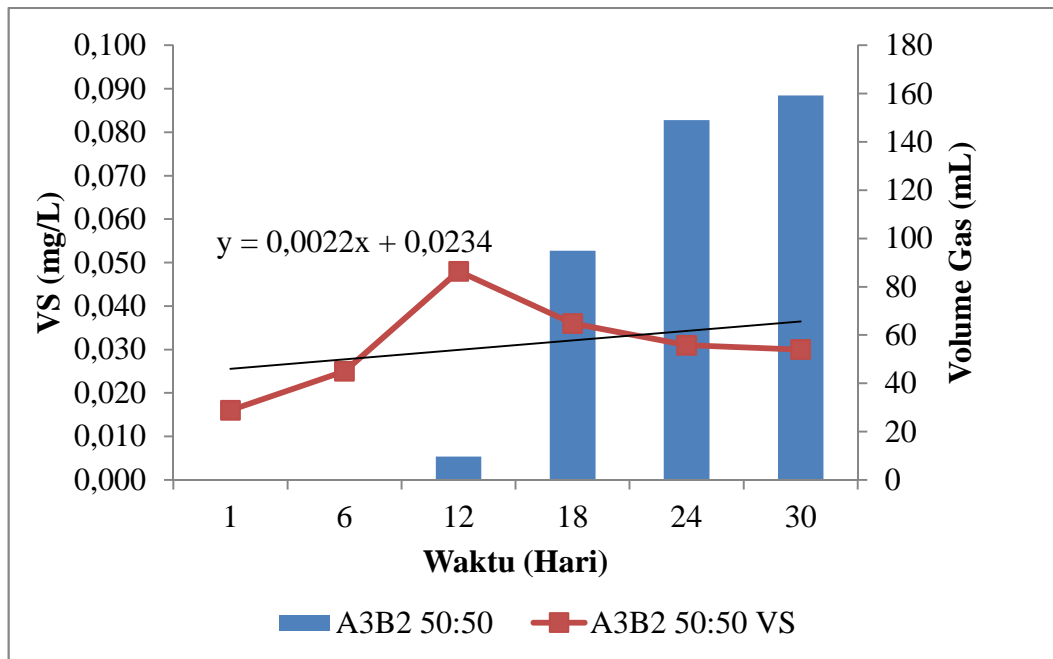
Penurunan nilai TS dan VS dapat mewakili pada reaktor dengan komposisi campuran mana yang mengalami pendegradasian bahan tertinggi. Degradasi yang tinggi dari VS dan TS dapat menunjukkan seberapa tinggi pula gas yang dihasilkan. Berdasarkan Gambar 4.14, 4.15, 4.16, 4.17, 4.18, dan 4.19 penurunan VS meningkatkan volume gas yang dihasilkan. Secara teoritis jika terjadi penurunan VS secara maksimal, atau seluruh komponen organik terdegradasi secara sempurna menjadi gas CH_4 , maka pada total solid 10% dengan komposisi 90:10; 70:30; dan 50:50 secara berturut-turut dapat menghasilkan volume gas CH_4 sebesar 23606, 36169, 48731 mL gas CH_4 . Serta pada total solid 30% dengan komposisi 90:10; 70:30; dan 50:50 secara berturut-turut dapat menghasilkan volume gas CH_4 sebesar 70713, 108507, 152558 mL. Lebih rinci perhitungan dapat dilihat pada Lampiran 8.



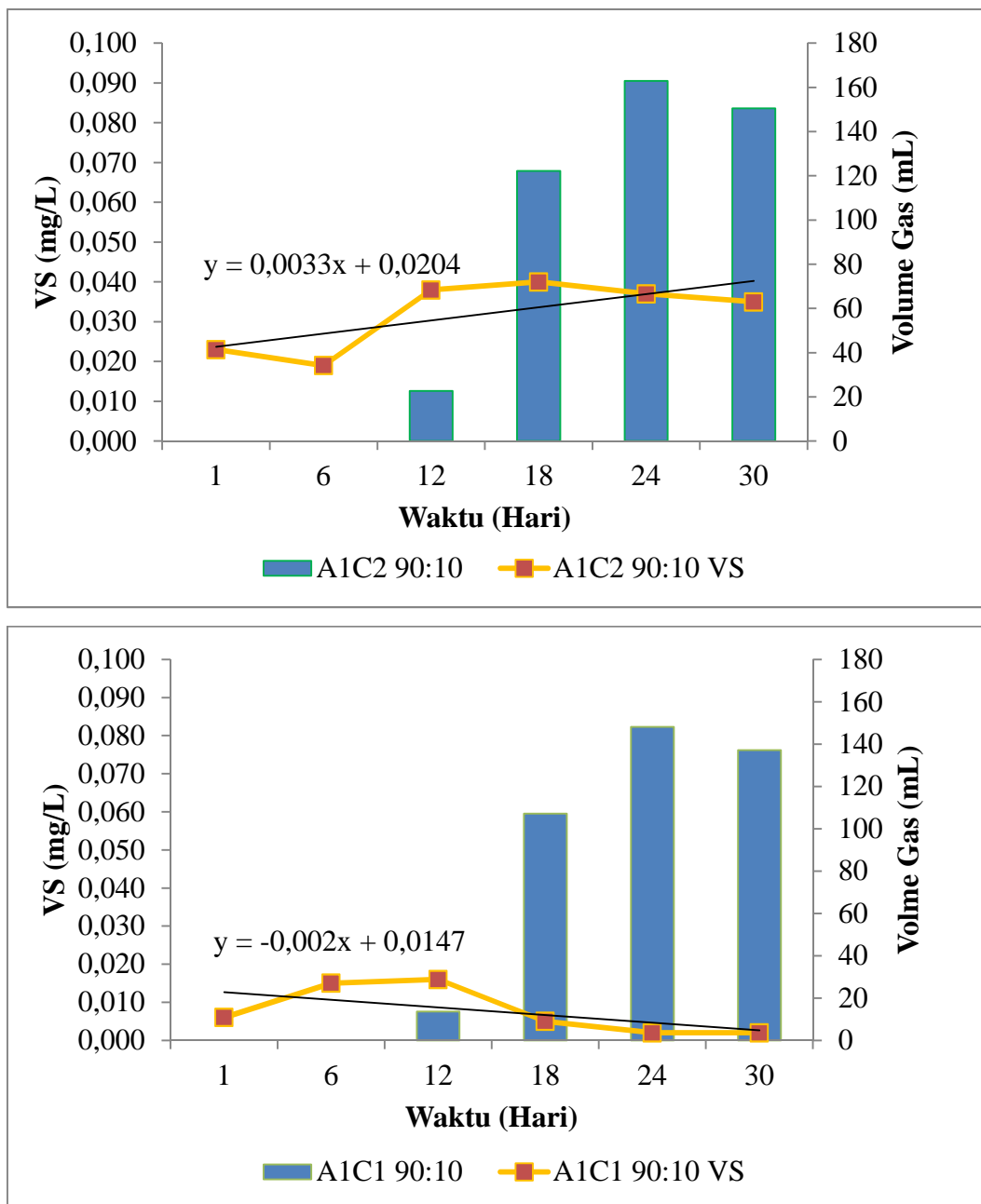
Gambar 4.14 Data Pengamatan VS Reaktor Tanpa Pretreatment dengan Komposisi 90:10 (Atas: Total Solid 30%, Bawah: Total Solid 10%)



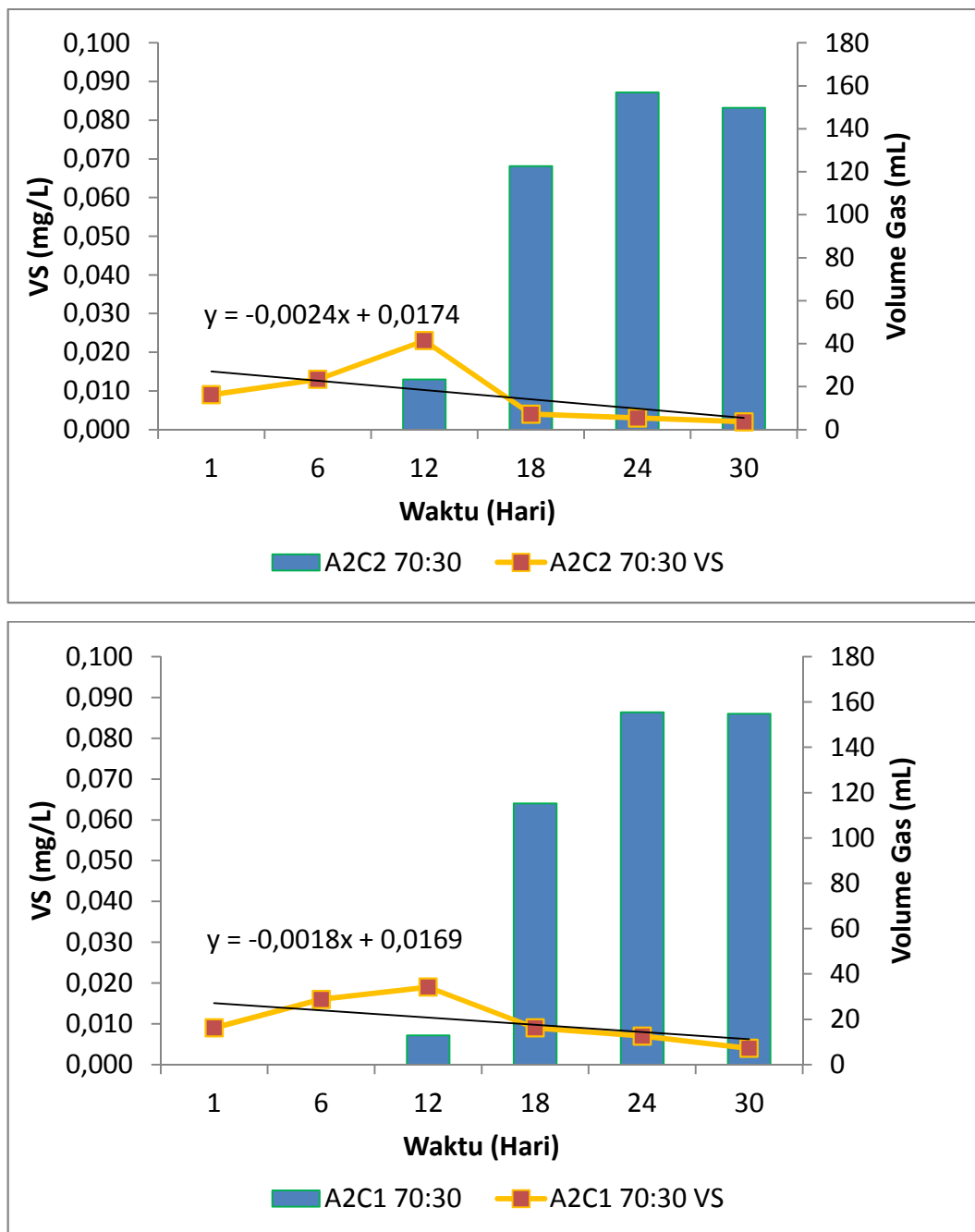
Gambar 4.15 Data Pengamatan VS Reaktor Tanpa Pretreatment dengan Komposisi 70:30 (Atas: Total Solid 30%, Bawah: Total Solid 10%)



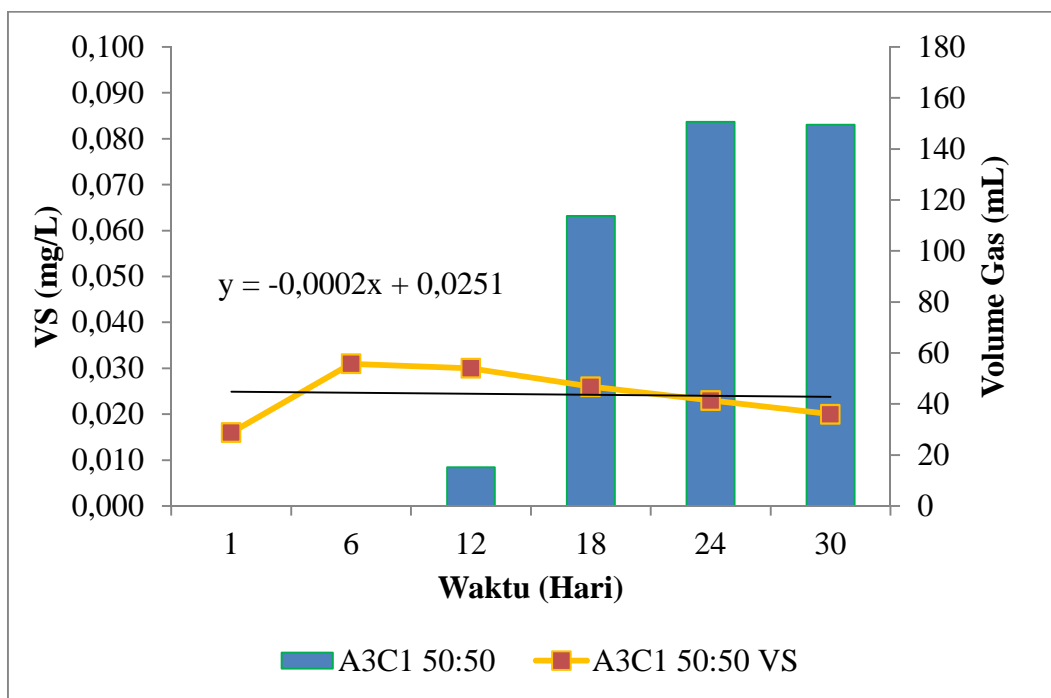
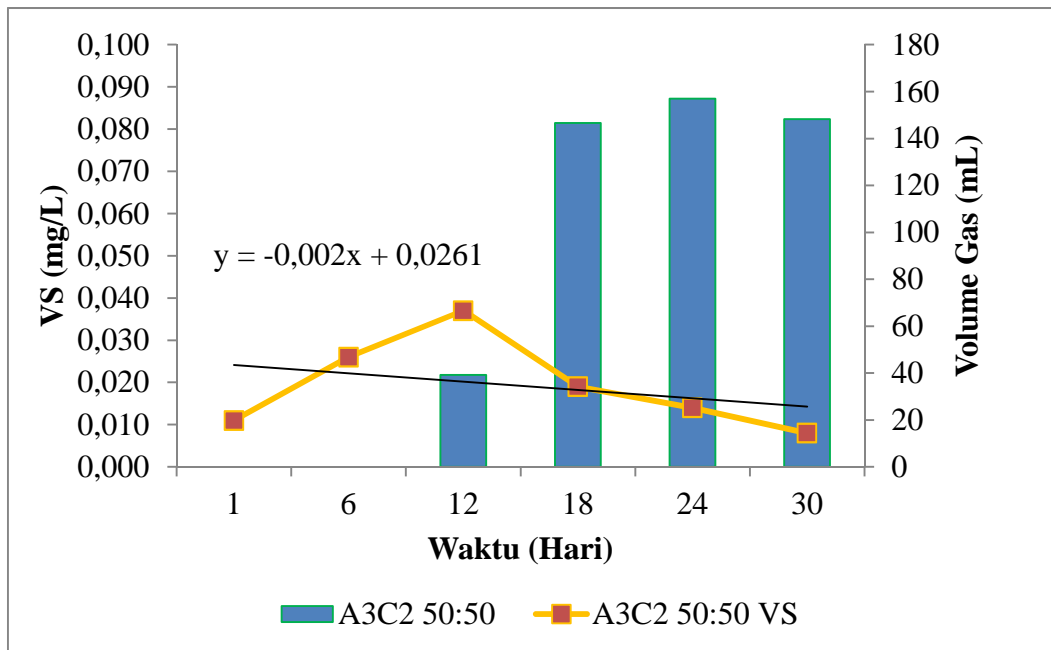
Gambar 4.16 Data Pengamatan VS Reaktor dengan Pretreatment dengan Komposisi 50:50 (Atas: Total Solid 30%, Bawah: Total Solid 10%)



Gambar 4.17 Data Pengamatan VS Reaktor Tanpa Pretreatment dengan Komposisi 90:10 (Atas: Total Solid 30%, Bawah: Total Solid 10%)



Gambar 4.18 Data Pengamatan VS Reaktor Tanpa Pretreatment dengan Komposisi 70:30 (Atas: Total Solid 30%, Bawah: Total Solid 10%)



Gambar 4.19 Data Pengamatan VS Reaktor Tanpa Pretreatment dengan Komposisi 50:50 (Atas: Total Solid 30%, Bawah: Total Solid 10%)

Nilai degradasi VS dan kenaikan volume gas pada masing-masing komposisi dipaparkan pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Persamaan Garis Degradasi VS dan Kenaikan Volume Gas

Pre-Treatment	Total Solid	Komposisi	Kode	Degradasi VS
Dengan Pretreatment	10%	90:10	A1B1	$y = -0,0013x + 0,024$
		70:30	A2B1	$y = -0,0012x + 0,0229$
		50:50	A3B1	$y = -0,0004x + 0,0077$
	30%	90:10	A1B2	$y = -0,0021x + 0,0168$
		70:30	A2B2	$y = -0,0013x + 0,0187$
		50:50	A3B2	$y = 0,0022x + 0,0234$
Tanpa Pretreatment	10%	90:10	A1C1	$y = -0,002x + 0,0147$
		70:30	A2C1	$y = -0,0018x + 0,0169$
		50:50	A3C1	$y = -0,0002x + 0,0251$
	30%	90:10	A1C2	$y = 0,0033x + 0,0204$
		70:30	A2C2	$y = -0,0024x + 0,0174$
		50:50	A3C2	$y = -0,002x + 0,0261$

Berdasarkan Tabel 4.4 diperoleh nilai degradasi tertinggi pada total solid 30% dengan komposisi 70:30 dengan nilai degradasi sebesar -0,0024 dan nilai kenaikan volume gas sebesar 37,676. Ratnaningsih (2009) menjelaskan bahwa efisiensi perombakan TS disebabkan perombakan oleh mikroorganisme. Haryati (2006) menambahkan bahwa proses degradasi anerobik dapat menurunkan nilai TS, dan VS. Berdasarkan Gambar 4.5 dan 4.6 diperoleh data persamaan garis penurunan VS dan persamaan Garis kenaikan Volume gas.

4.2 Pengaruh Komposisi Campuran Terhadap Volume Gas yang Dihasilkan

Komposisi campuran merupakan faktor penting dalam proses pembentukan biogas. Komposisi bertujuan untuk mengetahui pada komposisi campuran berapa biogas terbentuk maksimal. *Total solid* merupakan faktor yang mendampingi komposisi campuran agar padatan yang digunakan pada reaktor tidak berlebihan. Penggunaan kotoran sapi dapat menurunkan gas metan yang dihasilkan dengan semakin meningkatnya kadar total solid yang digunakan (Itodo and Awulu, 1999).

Komposisi campuran pada penelitian ini adalah komposisi campuran eceng gondok dengan kotoran sapi. Pencampuran kotoran sapi dilakukan untuk menambahkan mikroorganisme metanogen. Selain digunakan untuk menambah mikroorganisme, komposisi campuran juga digunakan untuk meningkatkan rasio C/N menjadi berkisar antara 20-30. Menggunakan kotoran sapi yang diperoleh dari Rumah Potong Hewan Pegirian Surabaya diperoleh rasio C/N sebesar 18.79. berdasarkan perhitungan yang dilakukan menggunakan data rasio C/N eceng gondok dan kotoran sapi yang telah diketahui, rasio C/N masing-masing campuran dipaparkan pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5. Rasio C/N yang Diperkirakan Melalui Perhitungan

Komposisi	Rasio C/N
90:10	10.92
70:30	12.17
50:50	13.64

Hasil perhitungan yang mengacu pada hasil penelitian C dan N total, diperoleh data C/N campuran sebesar 10.92, 12.17, dan 13.64 untuk komposisi 90:10; 70:30; dan 50:50. Selain data rasio C/N campuran berdasarkan perhitungan, pada penelitian ini dilakukan pula pengukuran rasio C/N masing-masing reaktor yang digunakan. Data pengukuran kadar C dan N total serta rasio C/N campuran dijabarkan pada Tabel 4.6 dan 4.7.

Tabel 4.6. Kadar C dan N Total Masing-masing Reaktor yang Digunakan pada Hari 1 dan Hari 30

Parameter	Reaktor	Hari	
		1	30
C Organik	A1B1 90:10	16,05	11,29
N Total		1,55	1,37
C Organik	A2B1 70:30	10,40	9,84
N Total		1,65	1,49
C Organik	A3B1 50:50	19,63	21,74
N Total		1,91	1,76
C Organik	A1B2 90:10	19,51	17,20
N Total		1,75	1,62
C Organik	A2B2 70:30	21,23	23,86
N Total		1,96	1,81
C Organik	A3B2 50:50	19,03	19,07

N Total		1,83	1,71
C Organik	A1C1 90:10	31,86	21,95
N Total		2,53	2,27
C Organik	A2C1 70:30	21,91	13,69
N Total		2,17	2,03
C Organik	A3C1 50:50	24,26	15,44
N Total		2,02	1,81
C Organik	A1C2 90:10	15,88	6,75
N Total		1,49	1,09
C Organik	A2C2 70:30	12,69	7,18
N Total		1,19	1,07
C Organik	A3C2 50:50	15,93	10,43
N Total		1,39	1,28

Tabel 4.7 Data Rasio C/N Reaktor Masing-masing Reaktor yang Digunakan pada Hari 1 dan Hari 30

Parameter	Reaktor	Hari	
		1	30
C/N	A1B1 90:10	10,35	8,24
	A2B1 70:30	6,28	6,58
	A3B1 50:50	10,30	12,39
	A1B2 90:10	11,12	10,58
	A2B2 70:30	10,83	13,26
	A3B2 50:50	10,37	11,18
	A1C1 90:10	12,59	9,65
	A2C1 70:30	10,10	6,73
	A3C1 50:50	11,98	8,51
	A1C2 90:10	10,66	6,17
	A2C2 70:30	10,66	6,71
	A3C2 50:50	11,46	8,18

Berdasarkan data Tabel 4.7 cenderung terjadi penurunan nilai C/N rasio pada hari 1 reaktor hingga hari ke 30 reaktor. Hal ini diakibatkan oleh penurunan nilai VS pada masing-masing reaktor. Berdasarkan Tabel 4.7 terdapat reaktor yang mengalami kenaikan rasio C/N. Kenaikan nilai rasio C/N menunjukkan bahwa nitrogen pada reaktor di degradasi oleh mikroorganisme. Berdasarkan data rasio C/N yang diperoleh dapat dilihat bahwa nilai rasio C/N pada reaktor jauh dari nilai optimum rasio C/N yang sebesar 20-30. Kurangnya nilai rasio C/N

diakibatkan oleh penggunaan bahan baku ecemg gondok dan kotoran sapi yang memiliki nilai dibawah nilai optimum.

4.2.1 Pengaruh Komposisi Terhadap Volume Gas yang Dihasilkan pada Total Solid 10%

Pada sub bab ini akan membahas pengaruh komposisi pada total solid 10% terhadap volume gas yang dihasilkan. Komposisi merupakan faktor yang sangat menentukan pada pembentukan biogas. Komposisi campuran dapat mempengaruhi pembentukan biogas tergantung dari bahan yang digunakan sebagai campuran. Bahan yang dicampurkan memiliki berbagai macam tujuan dan fungsi. Salah satu fungsi menambahkan bahan campuran adalah guna meningkatkan nilai kadar C/N rasio dengan menambahkan bahan yang memiliki rasio C/N lebih tinggi.

Penentuan pengaruh variabel bebas (volume) dengan variabel terikat (Komposisi dan Total Solid) dilakukan dengan menggunakan *analysis of variance* (Anova) tiga arah. Berdasarkan perhitungan Anova yang disajikan pada Tabel 4.8 tersebut diketahui bahwa pada total solid 10% dengan komposisi (70:30) dengan perlakuan pretreatment memiliki nilai rata-rata terbesar 111,99 merupakan perlakuan terbaik, karena memiliki nilai rata-rata paling tinggi. Pada total solid 10% dengan komposisi (70:30) dengan perlakuan tanpa pretreatment memiliki nilai rata-rata terbesar 138,68 merupakan perlakuan terbaik, karena memiliki nilai rata-rata paling tinggi.

Tabel 4.8 Data hasil Perhitungan menggunakan Anova Pengaruh Komposisi pada Total Solid 10%

Pre-treatment	TS	Komposisi	Count	Sum	Average	Variance	STD
Dengan pre-treatment	10%	90:10	29	3171,85	109,37	17744,85	133,21
		70:30	29	3247,75	111,99	18181,26	134,84
		50:50	29	3109,67	107,23	16852,30	129,82
		Total	87	9529,27	109,53	17187,51	131,10
Tanpa Pre-treatment	10%	90:10	29	3758,69	129,61	19656,30	140,20
		70:30	29	4021,62	138,68	22622,81	150,41
		50:50	29	3961,49	136,60	21733,09	147,42
		Total	87	11741,80	134,96	20856,40	144,42

4.2.2 Pengaruh Komposisi Terhadap Volume Gas yang Dihasilkan pada Total Solid 30%

Pada sub bab ini akan membahas pengaruh komposisi dan total solid 10% terhadap volume gas yang dihasilkan. Pada total solid 30% volume gas tertinggi sebanyak 490,99mL dengan komposisi campuran 50:50 tanpa pretreatment. Volume terendah sebanyak 412,94mL dihasilkan oleh reaktor dengan komposisi 50:50 dengan pretreatment. Berdasarkan perhitungan Anova disajikan pada Tabel 4.9 diketahui bahwa pada total solid 30% dengan komposisi (90:10) dengan perlakuan pretreatment memiliki nilai rata-rata terbesar 149,39 merupakan perlakuan terbaik, karena memiliki nilai rata-rata paling tinggi. Pada total solid 30% dengan komposisi (50:50) dengan perlakuan tanpa pretreatment memiliki nilai rata-rata terbesar 173,49 merupakan perlakuan terbaik, karena memiliki nilai rata-rata paling tinggi.

Tabel 4.9 Data hasil Perhitungan menggunakan Anova Pengaruh Komposisi pada Total Solid 30%

Pre-treatment	TS	Komposisi	Count	Sum	Average	Variance	STD
Dengan pre-treatment	30%	90:10	29	4332,43	149,39	24460,27	156,40
		70:30	29	4148,79	143,06	22597,53	150,32
		50:50	29	3541,94	122,14	19411,31	139,32
		Total	87	12023,16	138,20	21778,35	147,57
Tanpa Pre-treatment	30%	90:10	29	4358,48	150,29	25099,44	158,43
		70:30	29	4331,18	149,35	24121,80	155,31
		50:50	29	5031,30	173,49	28889,23	169,97
		Total	87	13720,96	157,71	25557,43	159,87

4.3 Pengaruh Pretreatment Terhadap Volume Gas yang Dihasilkan

Pretreatment berupa hidrolisis yang dilakukan pada eceng gondok mampu meningkatkan kadar gula reduksi. Meningkatnya kadar gula reduksi diharapkan mampu meningkatkan biogas yang dihasilkan. Dalam penelitian ini pretreatment yang dilakukan diperoleh data gula reduksi yang dipaparkan pada Tabel 4.10. Berdasarkan data yang diperoleh, peningkatan gula reduksi dengan rentang waktu 60-80 menit menunjukkan peningkatan yang kurang signifikan. Sehingga pada penelitian ini dilakukan pretreatment dengan cara hidrolisis eceng gondok selama 60 menit.

Hidrolisis mengakibatkan terputusnya ikatan glukosida pada selulosa yang di inisiasi oleh adanya air. Peningkatan kadar gula reduksi diharapkan mampu meningkatkan gas yang dihasilkan. Keuntungan metode pretreatment dengan cara hidrolisis adalah gula reduksi yang dihasilkan dapat langsung dimanfaatkan oleh bakteri metanogen. Bakteri metanogen yang ditambahkan melalui kotoran sapi dapat memanfaatkan gula reduksi yang ada.

Tabel 4.10 Kadar Hemiselulosa, Selulosa, Lignin, dan gula reduksi pasca pretreatment.

Waktu Hidrolisis (menit)	Komponen				
	Hemiselulosa (%)	Selulosa (%)	Lignin (%)	Gula Reduksi (mg/100ml)	Persentase reduksi (%)
0	29,25	27,31	3,48	-	-
60	1,45	26,18	1,81	7,14	48,83
70	3,25	24,54	2,86	7,28	49,13
80	4,88	24,17	3,69	7,72	51,36

Penelitian ini menggunakan perlakuan pemanasan selama 60 menit menggunakan H_2SO_4 5%. Berdasarkan penelitian pendahuluan yang telah dilakukan dengan adanya perlakuan pretreatment hidrolisis diharapkan mampu meningkatkan produksi gas metan. Seiring dengan meningkatnya kadar gula reduksi setelah perlakuan pretreatment. Berdasarkan pemaparan penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa perlakuan pretreatment hidrolisis pada eceng gondok dapat meningkatkan pembentukan gas. Menurut Badger (2002) Hidrolisis diketahui dapat meningkatkan produksi CH_4 .

Proses pretreatment juga mempengaruhi kadar TS dan VS, dimana pada reaktor yang diberi perlakuan pretreatment memiliki kadar TS lebih tinggi dibandingkan tanpa pretreatment. Sedangkan data VS menunjukkan bahwa pengaruh pretreatment dapat menurunkan kadar VS pada reaktor. Hal ini menunjukkan bahwa pretreatment hidrolisis mampu meningkatkan kadar padatan organik. Akan tetapi menurut data penurunan VS pretreatment justru menurunkan kadar organik yang dapat digunakan bakteri untuk membentuk biogas. Selain hal tersebut, pretreatment juga mempengaruhi pH pada reaktor, serta meningkatkan kadar ion Na^+ yang bersifat *toxic* bagi bakteri anaerob. Menurut Bitton (1999) ion Na^+ dan Ca^{+2} > 8000 mg/l dapat menjadi racun bagi kehidupan bakteri

anaerob. Berdasarkan perhitungan Anova disajikan pada Tabel 4.11 diketahui bahwa reaktor dengan perlakuan tanpa pretreatment pada komposisi (50:50) memiliki nilai rata-rata tertinggi sebesar 155,05 merupakan perlakuan terbaik.

Tabel 4.11 Data hasil Perhitungan menggunakan Anova Pengaruh Pretreatment

Pre-treatment	Komposisi	Count	Sum	Average	Variance	STD
Dengan pre-treatment	90:10	58	7504,27	129,38	21139,77	145,40
	70:30	58	7396,55	127,53	20277,26	142,40
	50:50	58	6651,61	114,68	17870,22	133,68
	Total	174	21552,43	123,86	19576,92	139,92
Tanpa Pre-treatment	90:10	58	8117,18	139,95	22094,09	148,64
	70:30	58	8352,81	144,01	22991,25	151,63
	50:50	58	8992,78	155,05	25213,29	158,79
	Total	174	25462,77	146,34	23202,90	152,32

4.3.1 Pengaruh Pretreatment Terhadap Volume Gas yang Dihasilkan pada Total Solid 10%

Tujuan dilakukan pretreatment guna mendegradasi gula kompleks pada eceng gondong, dan merubahnya menjadi gula yang lebih sederhana. Dengan meningkatnya gula sederhana pada substrat, diharapkan mampu meningkatkan biogas yang dihasilkan. Berdasarkan perhitungan Anova disajikan pada Tabel 4.12 diketahui bahwa pada reaktor dengan perlakuan pretreatment, total solid 10%, komposisi (70:30) memiliki nilai rata-rata terbesar 111,99 merupakan perlakuan terbaik, karena memiliki nilai rata-rata paling tinggi. Pada reaktor dengan perlakuan tanpa pretreatment, total solid 10%, komposisi (70:30) memiliki nilai rata-rata terbesar 138,68 merupakan perlakuan terbaik, karena memiliki nilai rata-rata paling tinggi.

Tabel 4.12 Data hasil Perhitungan menggunakan Anova Pengaruh Pretreatment dengan Total Solid 10%

Pre-treatment	TS	Komposisi	Count	Sum	Average	Variance	STD
Dengan pre-treatment	10%	90:10	29	3171,85	109,37	17744,85	133,21
		70:30	29	3247,75	111,99	18181,26	134,84
		50:50	29	3109,67	107,23	16852,30	129,82
		Total	87	9529,27	109,53	17187,51	131,10
Tanpa Pre-treatment	10%	90:10	29	3758,69	129,61	19656,30	140,20
		70:30	29	4021,62	138,68	22622,81	150,41
		50:50	29	3961,49	136,60	21733,09	147,42

		Total	87	11741,80	134,96	20856,40	144,42
--	--	-------	----	----------	--------	----------	--------

4.3.2 Pengaruh Pretreatment Terhadap Volume Gas yang Dihasilkan pada Total Solid 30%

Pada reaktor dengan total solid 30% memiliki pola yang sama dengan reaktor dengan total solid 10%. Volume gas yang dihasilkan pada reaktor dengan perlakuan pretreatment cenderung lebih rendah dibandingkan reaktor tanpa pretreatment. Dengan perlakuan pretreatment volume gas tertinggi sebesar 458,79mL yang dihasilkan oleh reaktor dengan komposisi 90:10. Sedangkan volume gas yang dihasilkan oleh reaktor tanpa pretreatment sebesar 490,99mL yang dihasilkan oleh reaktor dengan komposisi 50:50. Hal tersebut menunjukkan bahwa pretreatment menggunakan asam justru menurunkan pembentukan biogas. Berdasarkan perhitungan Anova disajikan pada Tabel 4.13 diketahui bahwa pada reaktor dengan perlakuan pretreatment, total solid 30%, komposisi (90:10) memiliki nilai rata-rata terbesar 149,39 merupakan perlakuan terbaik, karena memiliki nilai rata-rata paling tinggi. Pada reaktor dengan perlakuan tanpa pretreatment, total solid 30%, komposisi (50:50) memiliki nilai rata-rata terbesar 173,49 merupakan perlakuan terbaik, karena memiliki nilai rata-rata paling tinggi.

Tabel 4.13 Data hasil Perhitungan menggunakan Anova Pengaruh Pretreatment dengan Total Solid 30%

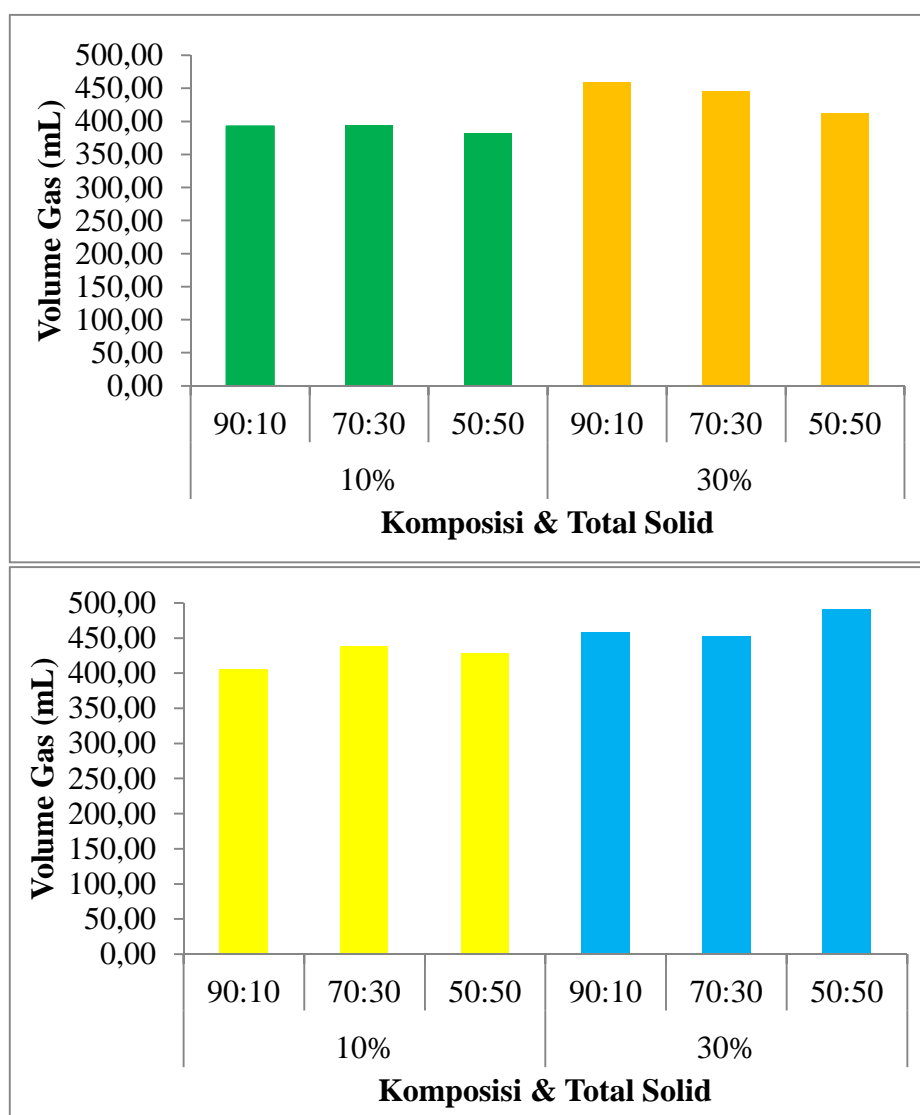
Pre-treatment	TS	Komposisi	Count	Sum	Average	Variance	STD
Dengan pre-treatment	30%	90:10	29	4332,43	149,39	24460,27	156,40
		70:30	29	4148,79	143,06	22597,53	150,32
		50:50	29	3541,94	122,14	19411,31	139,32
		Total	87	12023,16	138,20	21778,35	147,57
Tanpa Pre-treatment	30%	90:10	29	4358,48	150,29	25099,44	158,43
		70:30	29	4331,18	149,35	24121,80	155,31
		50:50	29	5031,30	173,49	28889,23	169,97
		Total	87	13720,96	157,71	25557,43	159,87

4.4 Pengaruh Total Solid Terhadap Volume Gas yang Dihasilkan

Total solid merupakan perbandingan berat/berat antara padatan dan cairan. Perbandingan padatan dan cairan yang digunakan pada penelitian ini menggunakan 2 perbandingan yang berbeda. Perbandingan yang pertama yaitu 10% padatan yang termasuk dalam karakteristik *low solid*. Sedang perbandingan

kedua yaitu 30% yang termasuk dalam karakteristik *high solid*. Pada penelitian ini guna memperoleh persentasi solid yang tepat berat padatan yang digunakan dikonfersikan dalam bentuk mililiter. Konfersi dalam mililiter dilakukan agar volume campuran dan padatan yang dimasukan kedalam reaktor tidak kurang atau lebih. Dalam penelitian ini volume reaktor yang digunakan yaitu 5,5 L. Sehingga pada total solid 10% padatan yang digunakan yaitu 550 mL, dan 1650 mL untuk total solid 30%.

Pengaruh total solid terhadap gas yang dihasilkan ditunjukan grafik pada Gambar 4.20.



Gambar 4.20 Data Perbandingan Volume Gas dengan Total Solid (Atas: Dengan Pretreatment, Bawah: Tanpa Pretreatment)

Berdasarkan Gambar 4.20 menunjukkan bahwa reaktor tanpa pretreatment dengan total solid 30% memiliki jumlah volume gas yang dihasilkan lebih banyak dibandingkan dengan total solid 10%. Dalam hal ini data total solid juga dipengaruhi oleh komposisi campuran eceng gondok dan kotoran sapi yang digunakan. Selain itu terdapat pula pengaruh pretreatment dan tanpa pretreatment.

Berdasarkan perhitungan Anova disajikan pada Tabel 4.14 diketahui bahwa pada reaktor dengan total solid 30%, komposisi (90:10) memiliki nilai rata-rata terbesar 149,84 merupakan perlakuan terbaik, karena memiliki nilai rata-rata paling tinggi. Pada reaktor dengan perlakuan tanpa pretreatment, total solid 10%, komposisi (70:30) memiliki nilai rata-rata terbesar 125,33 merupakan perlakuan terbaik, karena memiliki nilai rata-rata paling tinggi.

Tabel 4.14 Data hasil Perhitungan menggunakan Anova Total Solid

TS	Komposisi	Count	Sum	Average	Variance	STD
10%	90:10	58	6930,54	119,49	18476,66	135,93
	70:30	58	7269,38	125,33	20225,25	142,22
	50:50	58	7071,16	121,92	19173,70	138,47
	Total	174	21271,08	122,25	19074,62	138,11
30%	90:10	58	8690,91	149,84	24345,33	156,03
	70:30	58	8479,98	146,21	22959,91	151,53
	50:50	58	8573,24	147,81	24397,54	156,20
	Total	174	25744,13	147,95	23626,84	153,71

4.4.1 Pengaruh Total Solid Terhadap Volume Gas yang Dihasilkan pada Total Solid 10%

Berdasarkan Gambar 4.7 pengaruh total solid 10% menghasilkan volume gas yang lebih rendah dibandingkan dengan total solid 30%. Dengan perlakuan total solid 10% volume gas tertinggi sebesar 394,91mL yang dihasilkan oleh reaktor dengan komposisi 70:30. Sedangkan volume gas yang dihasilkan oleh reaktor tanpa pretreatment sebesar 438,43mL yang dihasilkan oleh reaktor dengan komposisi 70:30. Berdasarkan perhitungan Anova disajikan pada Tabel 4.15 diketahui bahwa pada reaktor dengan perlakuan pretreatment, total solid 10%, komposisi (70:30) memiliki nilai rata-rata terbesar 111,99 merupakan perlakuan terbaik, karena memiliki nilai rata-rata paling tinggi. Pada reaktor dengan perlakuan tanpa pretreatment, total solid 10%, komposisi (70:30) memiliki nilai

rata-rata terbesar 138,68 merupakan perlakuan terbaik, karena memiliki nilai rata-rata paling tinggi.

Tabel 4.15 Data hasil Perhitungan menggunakan Anova Total Solid 10%

Pre-treatment	TS	Komposisi	Count	Sum	Average	Variance	STD
Dengan pre-treatment	10%	90:10	29	3171,85	109,37	17744,85	133,21
		70:30	29	3247,75	111,99	18181,26	134,84
		50:50	29	3109,67	107,23	16852,30	129,82
		Total	87	9529,27	109,53	17187,51	131,10
Tanpa Pre-treatment	10%	90:10	29	3758,69	129,61	19656,30	140,20
		70:30	29	4021,62	138,68	22622,81	150,41
		50:50	29	3961,49	136,60	21733,09	147,42
		Total	87	11741,80	134,96	20856,40	144,42

4.4.2 Pengaruh Total Solid Terhadap Volume Gas yang Dihasilkan pada Total Solid 30%

Berdasarkan Gambar 4.7 pengaruh total solid 30% menghasilkan volume gas yang lebih tinggi dibandingkan dengan total solid 10%. Dengan perlakuan pretreatment pada total solid 30% volume gas tertinggi sebesar 459,79mL yang dihasilkan oleh reaktor dengan komposisi 90:10. Sedangkan volume gas yang dihasilkan oleh reaktor tanpa pretreatment sebesar 490,99mL yang dihasilkan oleh reaktor dengan komposisi 50:50. Berdasarkan perhitungan Anova disajikan pada Tabel 4.16 diketahui bahwa pada reaktor dengan perlakuan pretreatment, total solid 30%, komposisi (90:10) memiliki nilai rata-rata terbesar 149,39 merupakan perlakuan terbaik, karena memiliki nilai rata-rata paling tinggi. Pada reaktor dengan perlakuan tanpa pretreatment, total solid 30%, komposisi (50:50) memiliki nilai rata-rata terbesar 173,49 merupakan perlakuan terbaik, karena memiliki nilai rata-rata paling tinggi.

Tabel 4.16 Data hasil Perhitungan menggunakan Anova Total Solid 30%

Pre-treatment	TS	Komposisi	Count	Sum	Average	Variance	STD
Dengan pre-treatment	30%	90:10	29	4332,43	149,39	24460,27	156,40
		70:30	29	4148,79	143,06	22597,53	150,32
		50:50	29	3541,94	122,14	19411,31	139,32
		Total	87	12023,16	138,20	21778,35	147,57
Tanpa Pre-	30%	90:10	29	4358,48	150,29	25099,44	158,43
		70:30	29	4331,18	149,35	24121,80	155,31

treatment		50:50	29	5031,30	173,49	28889,23	169,97
		Total	87	13720,96	157,71	25557,43	159,87

4.5 Pengaruh Komposisi, Pretreatment, dan Total Solid

Pada sub bab ini akan dibahas pengaruh komposisi, Pretreatment, dan Total solid terhadap laju pembentukan biogas. Pembentukan biogas sangat dipengaruhi oleh berbagai macam faktor, antara lain pH dan Suhu. Kenaikan pH yang terjadi pada reaktor dengan pretreatment, hal ini diperkirakan akibat penambahan padatan NaOH yang tersisa dan belum bereaksi dengan H_2SO_4 . Suhu reaktor dengan pretreatment pada hari 1 sangat tinggi, hal ini diperkirakan akibat proses reaksi netralisasi NaOH terhadap H_2SO_4 yang digunakan untuk menghidrolisis. Berdasarkan perhitungan menggunakan Anova yang disajikan pada Tabel 4.17 diketahui bahwa pengaruh Komposisi pada volume gas yang dihasilkan menunjukkan hasil yang tidak signifikan. Pretreatment pada pembentukan gas metas diketahui signifikan menurunkan volume gas metan. Total solid tidak berpengaruh secara signifikan pada gas metan yang dihasilkan.

Tabel 4.17 Hasil Uji Signifikansi Anova

Sources	SS	df	MS	F value	P value	F crit	Significant
A (pre-treatment)	42474,2478	1	42474,25	5,62	0,01	3,87	Yes
B (TS)	55578,2506	1	55578,25	2,57	0,11	3,87	No
C (komposisi)	77,5064004	2	38,75	0,00	1,00	3,02	No
A x B	735,957065	1	735,96	0,03	0,85	3,87	No
A x C	13952,1725	2	6976,09	0,32	0,72	3,02	No
B x C	1260,89169	2	630,45	0,03	0,97	3,02	No
A x B x C	8187,39419	2	4093,70	0,19	0,83	3,02	No
error	7538383,88	348	21662,02				
Total	7660650,3	359					

4.6 Kandungan Gas Metan yang Dihasilkan

Kandungan gas metan (CH_4) yang dihasilkan selama proses digestion yang diukur menggunakan GC dipaparkan pada Tabel 4.19. berdasarkan Tabel 4.19 nilai kandungan gas metan tertinggi dihasilkan oleh reaktor tanpa perlakuan pretreatment dengan komposisi 50:50 sebesar 35,052%. Secara rinci, hasil analisis dengan menggunakan GC dapat dilihat pada Lampiran 7.

Tabel 4.19 Kandungan Gas Metan

Raktor	Volume Gas (mL)		Persentase CH ₄ (%)		Persentase CH ₄ /hari (%)	
	Hari 15	Hari 30	Hari 15	Hari 30	Hari 15	Hari 30
A1B1 90:10	20,74	371,85	0,037	18,2776	0,001784	0,049153
A2B1 70:30	23,12	371,79	0,021	15,5606	0,000908	0,041853
A3B1 50:50	23,06	359,30	0,026	16,9657	0,001127	0,047219
A1B2 90:10	77,15	382,64	0,044	20,0219	0,00057	0,052326
A2B2 70:30	71,89	373,37	0,032	19,1326	0,000445	0,051243
A3B2 50:50	41,60	371,34	0,025	17,3082	0,000601	0,04661
A1C1 90:10	56,86	349,18	0,376	10,5662	0,006613	0,03026
A2C1 70:30	61,55	376,88	0,430	11,4787	0,006986	0,030457
A3C1 50:50	61,21	367,78	0,776	16,7349	0,012678	0,045502
A1C2 90:10	67,82	390,67	2,744	17,5292	0,04046	0,04487
A2C2 70:30	77,49	375,07	5,621	25,1703	0,072538	0,067108
A3C2 50:50	104,22	386,77	6,622	28,4298	0,063539	0,073506

Berdasarkan volume gas yang dihasilkan terhadap nilai pembentukan biogas pada masing-masing reaktor diperoleh pembentukan biogas tertinggi sebesar 28,4298% dengan volume komulatif hari 16-30. Seiring dengan meningkatnya jumlah volume gas yang terbentuk, meningkat pula konsentrasi gas metan yang dihasilkan. Berdasarkan Tabel 4.19 diketahui pada reaktor A3C2 dengan komposisi 50:50 menghasilkan gas metan harian tertinggi yaitu sebesar 0,073506%. Nilai kualitas campuran dapat dinilai dari kandungan metan yang terbentuk setiap harinya. Pada penelitian ini pada 15 hari kedua yaitu pada hari ke 16-30 terjadi peningkatan produksi gas metan yang dapat diamati dari peningkatan persentase konsentrasi gas metan per hari. Pada reaktor dengan perlakuan pretreatment peningkatan terjadi sangat drastis, yaitu mengalami rata-rata peningkatan sebesar 53 kalilipat. Sedangkan pada reaktor tanpa perlakuan pretreatment hanya mengalami peningkatan 1,5 kalilipat dari 15 hari pertama.

[Halaman Sengaja Dikosongkan]

BAB 5

KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian ini adalah:

1. Komposisi optimum campuran eceng gondok dengan kotoran sapi pada total solid 10% yaitu pada perbandingan 70:30 dengan perlakuan tanpa Pretreatment dan pada total solid 30% yaitu pada perbandingan 50:50 dengan perlakuan Tanpa Pretreatment.
2. Berdasarkan data yang diperoleh, perlakuan pretreatment tidak berpengaruh secara signifikan terhadap gas yang dihasilkan. Berdasarkan perhitungan statistik reaktor dengan perlakuan pretreatment pada perbandingan komposisi 90:10 merupakan komposisi perlakuan terbaik, dan reaktor tanpa perlakuan pretreatment pada perbandingan komposisi 50:50 merupakan komposisi perlakuan terbaik. Secara keseluruhan tanpa perlakuan pretreatment merupakan perlakuan terbaik.
3. Berdasarkan data statistik yang diperoleh, bahwa reaktor dengan total solid 10% pada perbandingan komposisi 70:30 merupakan perlakuan terbaik, dan reaktor dengan total solid 30% pada perbandingan komposisi 90:10 merupakan perlakuan terbaik. Secara keseluruhan pada total solid 30% merupakan variabel terbaik.

Saran untuk penelitian selanjutnya:

1. Gunakan konsentrasi asam yang lebih rendah dengan meningkatkan waktu pemanasan.
2. Gunakan bahan campuran secara selektif, dengan cara lakukan penelitian awal pemilihan bahan campuran yang memiliki rasio C/N diatas nilai optimum C/N pada pembentukan Biogas.

[Halaman Sengaja Dikosongkan]

DAFTAR PUSTAKA

- Amott. 1998. *The Biogas/Fertilizer Handbook. Appropriate Technologies for Development*. IEC/Peace Corps. Washington DC.
- Astuti N., 2013. *Potensi Eceng Gondok (Eichhornia crassipes(Mart.) Solms) Rawapening untuk Biogas dengan Variasi Campuran Kotoran Sapi*. Tesis. Universitas Diponegoro. Semarang.
- Badger P.C., 2002. *Ethanol from cellulose*. A general review p. In J 8r and A. Whipkey (eds.). ASHS Press Alexandria, VA. 17-21.
- Bitton, G. 1999. *Wastewater Microbiology*. 2nd ed. Wiley Liss Inc. New York.
- Bujoczek G., Oleszkiewicz J., Sparling R., Cenkowski S. 2000. *High Solid Anaerobic Digestion of Chicken Manure*. J. Agric. Engin. Res., 76, 51-56.
- Cheng J., Xie B., Zhou J., Song W., and Cen K., 2010. *Cogeneration of H₂ and CH₄ from Water Hyacinth by Two-Step Anaerobic Fermentation*. International Jurnal of Hydrogen Energy. 35: 3029-3035.
- Chuang Y-S., Lay C-H., Sen B., Chen C-C., Gopalakrishnan K., Wu J-H., Lin C-S., and Lin C-Y. 2011. *Biohydrogen and Biomethane from Water Hyacinth (Eichhornia Crassipes) Fermentation: Effects of Substrate Concentration and Incubation Temperature*. International Jurnal of Hydrogen Energi. 36: 14195-14203.
- Dennis A. and Burke P.E. 2001. *Dairy Waste Anaerobic Digestion Handbook*.
- Dioha I. J., Ikeme C.H., Nafi'u T., Soba N.I., and Yusuf M.B.S. 2013. *Effect of Carbon to Nitrogen Ratio on Biogas Production*. International Research Journal of Natural Sciences. 1(3): 1-10.
- Fry L.J. 1974. *Practical Building of Methane Power Plant for Rural Energy Independence, 2nd edition*. Chapel River Press. Hampshire, Great Britain.
- Gao J., Chen L., Yan Z., and Wang L. 2013. *Effect of Ionic Liquid Pretreatment on The Composition, Structure and Biogas Production of Water Hyacinth (Eichhornia Crassipes)*. Bioresource Technology. 132: 361.
- Ghosh S., Henry M. P., and Christoper R. W. 1984. *Hemicellulose Conversion by Anaerobic Digestion*. Institute of Gas Technology and United Gas Line Company. USA. E er . 6: 257-258.
- Gunnarsson C. C. and Petersen C. M. 2007. *Water Hyacinth as a Resource in Agriculture and Ecergy Production*. Waste Management. 27(1): 117-129.

- Hadi A.M.A. and El-Azeem A. 2008. “*Effect of Heating, Mixing, and Digester type on Biogas Production from Buffalo Dung*”. Jurnal of Agriculture and Engineering. 25 (4):1-17.
- Harun M.Y., Radiah D.A.B., Abidin Z.Z., and Yunus R. 2011. *Effect of Physical Pretreatment on Dilute Acid Hydrolysis of Water Hyacinth (Eichhornia crassipes)*. Bioresource Technology. 102: 5193-5199.
- Herawati D.A. and Wibawa A.A., 2010. *Pengaruh Pretreatment Jerami Padi pada Produksi Biogas dari Jerami Padi dan Sampah Sayur Sawi Hijau Secara Batch*. Jurnal Rekayasa Proses. 4(1): 25-29.
- Haryati, T. 2006. *Biogas : Limbah peternakan yang menjadi sumber energi alternatif*. Jurnal Wartazoa. Vol 6 (3):160-169 .
- Igoni, A.H., Ayotamuno, M.J., Eze, C.L., Ogaji, S.O.T., Probert, S.D. 2008. *Designs of anaerobic digesters for producing biogas from municipal solid-waste*. Applied Energy. 85: 430 – 438.
- Itodo I.N. and Awulu J.O., 1999. *Effects of total solids concentrations of poultry, cattle and piggery waste slurries on biogas yield*. Transactions of the ASAE, 42 (6), 1853-1855.
- Kunatsa T. and Mufundirwa A. 2013. *Biogas Production from Water Hyacinth Case of Lake Chivero – Zimbabwe*. International Journal of Recent Technology and Engineering. 2(2): 138-142.
- Kresnawaty, Irma., I. Susanti., Siswanto., dan Tri Panji. 2008. *Optimasi produksi biogas dari limbah lateks cair pekat dengan penambahan logam*. Jurnal Menara Perkebunan. Vol 76(1): 23-35.
- Lowe S., Browne M., Boudjelas S., and De Pooeter M. 2000. *100 of the World's Worst Invasive Alien Species, A selection from the Global Invasive Species Database*. Auckland, New Zealand. Invasive Species Specialist Group.
- Liu, C-f., Yuan, X-z., Zeng, G-m., Li, W-w., Li, J. 2008. *Prediction of methane yield at optimum pH for anaerobic digestion of organic fraction of municipal solid waste*. Bioresource Technology 99: 882 – 888.
- Malik M.K., Singh U.K., and Ahmad N. 1990. *Batch Digester Studies on Biogas Production from Cannabis sativa, Water Hyacinth, and Crop Waste Mixed with Dung and Poultry Litter*. England, Great Britain. Biological Waste. 90: 315-319.
- Mishima D., Kuniki M., Sei K., Soda S., Ike M., and Fujita M. 2008. *Ethanol Production from Candidate Energy Crops: Water Hyacinth (Eichhornia crassipes) and Water Littuce (Pistia Stratiotes L.)*. Bioresource Technology. 99: 2495-2500.

- [NAS] National Academy of Sciences. 1981. *Methane generation from human, animal, and agricultural wastes*. 2nd Ed. National Academy of Sciences, Washington, D.C.
- Nguyen Q.A. dan Tucker M.P. 2002. *Dilute acid/metal salt hydrolysis of lignocellulosics*. United States Patent 6423145.
- Ratnaningsih, Widyatmoko, H dan Yananto, T. 2009. *Potensi pembentukan biogas pada proses biodegradasi campuran sampah organik segar dan kotoran sapi dalam batch reaktor anaerob*. Jurnal Teknologi Lingkungan, Vol 5(1): 20-26.
- Rodrigues J.A.D., Pinto A.G., Ratusznei S.M., Zaiat M., and Gedraite R. 2004. *“Enhancement of the Performance of an Anaerobic Sequencing Batch Reactor Treating Low-Strength Wastewater Through Implementation of a Variable Stirring Rate Program”*. Brazilian Journal of Chemical Engineering. 21 (3).
- Soeroso, Sudarno M.R.F., Wardhana S., dan Wisnu I. 2013. *Pengaruh Pengenceran dan Pengadukan Limbah Dapur Daerah Ngesrep Terhadap Peningkatan Produksi Biogas dengan Menggunakan Ekstrak Rumen Sapi sebagai Starter*. Jurnal Teknik Lingkungan. 2(3): 1-9.
- Sudarmadji S., Haryono B., dan Suhardi. 1996. *Prosedur Analisis Untuk Bahan Makanan dan Pertanian*. Liberty. Yogyakarta. 4:81-85.
- Surendra K. C., Takara D., Hashimoto A. G., and Khanal S. K. 2014. *Biogas as a Sustainable Energy Source for developing Countries: Opportunities and Challenges*. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 31: 846-859.
- Tchobanoglous G., Theisen H., and Vigil S. 1993. *Integrated Solid Waste Management: Engineering Principles and Management Issues*. Singapore. McGraw-Hill, Inc.
- Tjokroadikoesoemo S. 1986. *HFS dan Industri Ubi Kayu Lainnya*.
- Tripetchkul S., Pundee K., Koonsrisuk S., and Akeprathumchai S. 2012. *Co-Composting of Coir Pith and Cow Manure: Initial C/N Ratio Vs Physico-Chemical Changes*. International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture. 1(15): 1-8.
- Veeken, A., Kalyuzhnyi, S., Scharff, H., Hamelars, B. 2000. *Effect of pH and VFA on hydrolysis of organic solid waste*. Journal of Environmental Engineering, 126(12): 1076 – 1081.
- Yonathan A., Prasetya A.R., and Pramudono B. 2013. *Produksi Biogas dari Eceng Gondok (Eichhornia crassipes): Kajian Konsistensi dan pH Terhadap Biogas Dihasilkan..Jurnal Teknologi Kimia dan Industri*. 2(2): 211-215.

- Yusuf M. O. L. and Ify N. L. 2011. *The Effect of Waste Paper on the Kinetics of Biogas Yield the Co-Digestion of Cow Dung and Water Hyacinth*. Biomass and Bioenergy. 35: 1345-1351.
- Yuwono C.W. dan Soehartanto T. 2013. *Perancangan Sistem Pengaduk pada Bioreaktor Batch untuk Meningkatkan Produksi Biogas*. Jurnal Teknik ITS. Surabaya. 2(1).
- Zheng Y., Zhao J., Xu F., and Li Y. 2014. *Pretreatment of Lognocellylosic Biomass for Enhanced Biogas Peoduction*. Progress in Energy and Combustion Science. 42: 35-53.

BIODATA



Muhammad Shalahuddin Rahmansyah, dilahirkan di Malang, 02 Desember 1990, sebagai anak kedua dari enam bersaudara, pasangan Bapak Ir. Adi Irianto dengan Ibu Prof. Dr. Hj. Mimien Henie Irawati Al-Muhdhar, M.S. Penulis saat ini tinggal bersama keluarga kecilnya yang beralamat di Jalan manggar No.17z RT.06 RW.10 Kelurahan Lowokwaru Kecamatan Lowokwaru Malang.

Pendidikan TK ditempuh di TK Bustanul Atfal Restu dan tamat pada tahun 1997. Pendidikan SD ditempuh di MIN Malang 1 dan tamat tahun 2003. Pendidikan SMP ditempuh di MTs Negeri 1 Malang dan tamat tahun 2006. Pendidikan SMA ditempuh di MAN 3 Malang, mengambil jurusan IPA dan tamat tahun 2009. Pendidikan sarjana ditempuh di Universitas Negeri Malang Jurusan Kimia dengan Program Studi S1 Kimia angkatan 2009. Selanjutnya pendidikan pascasarjana ditempuh di Institut Sepuluh Nopember mengambil jurusan Teknik Lingkungan angkatan 2014.